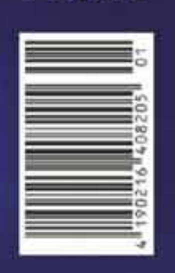
EXTRA: Mit 44-seitigem Sonderheft „Sprühende Ideen" + + + Mit 44-seitigem Sonderheft „Sprühende Ideen" + +

D: EUR 8,20 A: EUR 8,20 ÜBRIGE EUROLÄNDER: EUR 8,90 CH: CHF 14,50 E 2164 E

1 . 2015



wissenschaft.de

bild der wissenschaft

Das große Neujahrs-Gewinnspiel

Die Zukunft von uns Menschen

Stressforschung
Hunde ersetzen Medikamente

Supernovae
Warum sie wirklich explodieren

ZERO-Autor Elsberg
Über den neuen Menschenhandel

Editorial


W. Scheible

Wolfgang Hess, Chefredakteur

50 Jahre bild der wissenschaft sind mit dieser Ausgabe Geschichte.

Gestatten Sie mir deshalb einen kurzen Rückblick auf das bild der wissenschaft-Jahr 2014. Mit Erscheinen der großen Jubiläumsausgabe im Februar hat die Redaktion die Heftstruktur an heutige Rezeptionsgewohnheiten angepasst. Von Ihnen, den Leserinnen und Lesern, gab es verschwindend wenig Kritik. Wir gehen folglich davon aus, dass wir die Weichen richtig gestellt haben.

Im weiteren Verlauf „unseres Fünfzigsten" haben wir eine Reihe neuer Angebote entwickelt. So veranstalteten wir zusammen mit dem Heilbronner Science Center „experimenta" im Mai vor 400 Zuschauern unseren ersten Science Slam – der zweite wird am 8. Mai 2015 sein. Und als Vertiefung unserer zahlreichen Beiträge über das Weltall boten wir erstmals ein Astroseminar an, das aufgrund des großen Zuspruchs gleich zweimal stattfand. In wenigen Wochen startet zudem unsere erste bdw-Recherchereise nach Südafrika, bei der Leser die Gelegenheit nutzen werden, vor Ort mitzuerleben, wie ein bdw-Artikel recherchiert und fotografiert wird.

Wir haben überdies eine bdw-Posterreihe aufgelegt und etablierten unter www.wissenschaft.de das Videoportal zur deutschen Forschung. Im November berichteten wir zusammen mit nano-3sat einen ganzen Tag live über die Landung von Philae auf dem Kometen Churyumov-Gerasimenko, der aufgrund des unaussprechlichen Namens von vielen inzwischen liebevoll „Chury" genannt wird.

Mein Kollege Thorwald Ewe hat sich für unser Jubiläumsheft ein intelligentes Gewinnspiel ausgedacht, das wir angesichts Ihres Zuspruchs in dieser Ausgabe auf den Seiten 90 bis 96 fortführen. Über den ganzen Jahrgang hinweg ist unser Logo „bild der wissenschaft – 50 Jahre" genau 50 Mal dort platziert worden, wo ein Extra aus Anlass des Jubiläums erschienen ist.

Für mich persönlich war das Jubiläumsjahr neben allem anderen auch ein Jahr der Experimente. Ich wollte ausloten, was unsere Leser zusätzlich zum Heft haben wollen und was nicht. Das Ergebnis ist ermunternd. In den kommenden Ausgaben werden Sie deshalb noch mehr neue Aktivitäten finden.

Genug der Vergangenheitsbewältigung – auf in die Zukunft: Die Titelgeschichte dieser Ausgabe richtet den Blick auf die weitere Entwicklung der Menschheit. Und zwar nicht auf so strapazierte Aspekte wie Weltbevölkerung, Klimastress oder Nord-Süd-Konflikt. Wir beschäftigen uns schlicht mit der Evolution des Menschen, die sich in den letzten 7000 Jahren extrem beschleunigt hat. Wie wird sich der moderne Mensch weiterentwickeln? Werden die Augen in Zukunft deutlich größer sein? Werden wir durch Integration von Elektronik unseren Organismus optimieren? Können Menschen der folgenden Generationen ihre Gefühlswelt auf Knopfdruck verändern? Antworten darauf finden Sie ab Seite 12.



Cover: F. Reginato/Getty Images

TITEL **DER MENSCH DER ZUKUNFT** Unsere Evolution geht weiter: Wer mit Umweltchemikalien und neuen Infektionen genetisch besser zurechtkommt, hat mehr Nachkommen. Doch auch die Technik ist im Spiel – durch die Verschmelzung von Mensch und Maschine.

Leben + Umwelt

10 Nachrichten

12 TITEL Der Mensch der Zukunft

14 Wohin die Evolution uns treibt
Neuer Selektionsdruck wird Homo sapiens grundlegend verändern

20 Magnet im Ohr
Die Cyborgs kommen: Mensch und Maschine verschmelzen

24 „Wir müssen das Tier im Menschen zähmen“
Julian Savulescu findet es richtig, wenn wir uns optimieren

28 Struppi streicheln hält gesund
Hunde sind die beste Stressbremse

Erde + Weltall

38 Nachrichten

40 Warum Supernovae explodieren
Endlich verstanden – jetzt detonieren sie korrekt im Computer

48 Vulkanausbruch auf der Venus?
Ein seltsamer heißer Fleck

50 Was macht eigentlich Astroteilchenphysiker Guido Drexlin?
Der Karlsruher Forscher will wissen, welche Masse ein Neutrino hat

56 Sternenpark in Brandenburg
Himmelsgucker lieben die finstere Nacht

Kultur + Gesellschaft

68 Nachrichten

70 Alles andere als tote Hose
In Westchinas Wüstengräbern sind alte Textilien perfekt erhalten

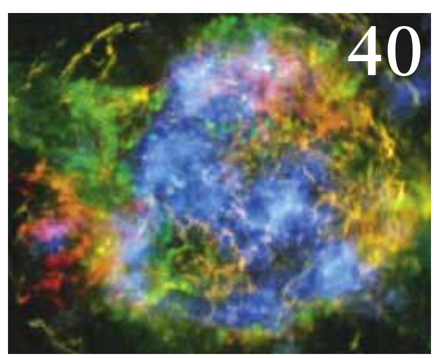
76 „Einige haben ein längst überholtes Bild von uns“
Matthias Kleiner will die Leibniz-Gemeinschaft ins Gespräch bringen

bild der wissenschaft im Internet:

Tagesaktuelle Nachrichten, Buch-Tipps und vieles mehr: www.wissenschaft.de
facebook www.facebook.com/bildderwissenschaft
YouTube www.youtube.com/wissenschaftdetv
twitter @bdwredaktion



STRUPPI STREICHELN HÄLT GESUND
Hunde haben eine Fülle von positiven Effekten auf den Menschen: Sie reduzieren Stress, senken den Blutdruck und fördern ganz allgemein die Gesundheit ihrer Halter.



WARUM SUPERNOVAE EXPLODIEREN
Endlich können Forscher im Computer das Ende massereicher Sterne nachvollziehen. Beim finalen Kollaps heizen Neutrinos die nachstürzende Materie auf – und eine Supernova entsteht.



WÜNSCHE UND WERTE IM AUSVERKAUF
Marc Elsberg, Autor des Thrillers „ZERO", befürchtet, dass wir bald mit unseren Daten hausieren gehen. Er berichtet exklusiv in diesem Heft, wie die Realität seine Fiktion überholt hat.



ACHT ENTDECKER DRINGEND GESUCHT
Das große Neujahrs-Gewinnspiel beschließt das Jubiläumsjahr von bild der wissenschaft. Finden Sie acht Personen, die Aufsehenerregendes entdeckt haben – Ihnen winken 50 Preise!

Technik + Kommunikation

83 Nachrichten

❱ **84 Wünsche und Werte im Ausverkauf**
„ZERO"-Autor Marc Elsberg über den Handel mit Menschendaten

88 Aus der Traum
Warum nun doch kein Sonnenstrom aus der Sahara nach Europa fließt

❱ **90 Acht Entdecker dringend gesucht**
Das große Neujahrs-Gewinnspiel

Rubriken

3 Editorial

6 Bild der Wissenschaft

8 Alaska – Aufbruch zum Ende der Welt
bdw-Leserreise: Noch 7 Plätze frei!

34 Leserforum

35 bdw-Preisrätsel vom Oktober: Auflösung und Gewinner

55 Impressum

80 LesenSehenHören
Neue populäre Wissensbücher und mehr

97 Vorschau

98 Nachgehakt
Keiner spricht mehr darüber: Catenan-Moleküle

44 SEITEN EXTRA
SPRÜHENDE IDEEN
Sollte das „bild der wissenschaft plus" Ihrem Heft nicht beiliegen, können Sie es kostenfrei anfordern bei:
bild der wissenschaft
Redaktionsassistenz
70765 Leinfelden-Echterdingen
wissenschaft@konradin.de





Bewegungsmuster

Wie kann man feinste Körperbewegungen – etwa beim Atmen – präzise darstellen? Am Max-Planck-Institut für Intelligente Systeme in Tübingen haben Forscher dafür ein spezielles Verfahren entwickelt: Die mit Stempeln markierte Körperoberfläche des Probanden wird mit 22 Stereokamera-Paaren und 22 Farbkameras erfasst und digitalisiert. Zur besseren Auflösung der Details wird zusätzlich ein feines Fleckenmuster auf den Körper projiziert – sichtbar auch auf den Wissenschaftlern. Die spektakuläre Aufnahme gelang dem Stuttgarter Fotografen Wolfram Scheible.

W.Scheible



Foto: Wolfram Scheible






Die bdw-Expedition 2015 vermittelt tiefe Einblicke in das entlegene Alaska. Wir erkunden den Wrangell-St.Elias National Park (1), besuchen die Geisterstadt Kennicott (2), ein ehemaliges Bergbauzentrum, treffen in Point Barrow auf „Alaska Natives" (3) und sehen vielleicht sogar Bären in

bdw EXTRA

bdw-Leserreise 2015

Nur noch 7 Plätze frei!

Alaska – Aufbruch zum Ende der Welt

Einzigartig und einmalig: bdw-Leserexpedition zu Vulkanen, Gletschern, Bären und den Inuit.

Mittwoch, 12. August 2015. An diesem Tag können Sie mit uns an einer einsamen Spitze der Welt stehen – in Point Barrow, dem mit 71° 23' 20" nördlichsten Punkt der Vereinigten Staaten. Zusammen mit anderen bdw-Leserinnen und -Lesern besuchen Sie den Ort, in dem Inupiat Eskimos unter extremen klimatischen Bedingungen leben. Mehr noch: Aller Voraussicht nach dürfen wir auch das ansonsten der Öffentlichkeit nicht zugängliche Point Barrow Umiaq Arctic Research Center besuchen, wo der Wandel im arktischen Ökosystem erforscht wird.



H. Rademacher

Forscherin vor Ort: die Geophysikerin Dr. Peggy Hellweg.

Natürlich erkunden wir nicht nur den äußersten Norden, sondern auch Südalaska sowie den sensationellen Katmai National Park auf der Alaska-Halbinsel, die in die Aleuten übergeht. Damit öffnet sich ein atemberaubender Spannungsbogen bei unserer Erkundung des größten, gleichwohl weitgehend menschenleeren US-Bundesstaats, der mit 1,7 Millionen Quadratkilometern mehr Fläche hat als ganz Skandinavien.

Die Geophysikerin Dr. Peggy Hellweg, die schon zwei bdw-Leserreisen begleitet hat, und der ehemalige Erdölgeologe Dr. Erhard Bornemann informieren Sie buchstäblich von morgens bis abends: über die regionalen Besonderheiten der Gletscher, des Vulkanismus, des Klimawandels – und führen Sie zu eindrucksvollen Spuren früherer Erdbeben sowie in sonst kaum zugängliche Forschungsinstitute. Der Wissenschaftsjournalist und Geophysiker Horst Rademacher bereichert Ihr Wissen über Alaska durch eine Reihe von Vorträgen. Außerdem begleitet Sie bdw-Chefredakteur Wolfgang Hess.

Erst im Januar 1959 wurde Alaska als 49. Bundesstaat in die USA eingegliedert. 92 Jahre zuvor hatte der russische Zar Alexander II. das Land für 7,2 Millionen Dollar an die Vereinigten Staaten verkauft. Die Russen bereuen das noch heute – nicht nur aufgrund der interessanten geopolitischen Lage, sondern auch wegen des Rohstoffreichtums.









freier Wildbahn (4). Im Arctic Research Center bekommen wir Einblicke in die Forschung zum Klimawandel (5). Bei Seward bestaunen wir die Gletscherwelt Alaskas (6) und im Katmai National Park die gigantischen Ablagerungen der Vulkaneroption von 1912 (7). Die Karte zeigt unsere Reiseroute.

A. Majchrowicz/Getty Images (1); Thinkstock (2); Glow Images (3); O. Perkins/Fotolia.com (4); ARM Climate Research Facility (5); Shutterstock.com (6); Visuals Unlimited/P. Endres/Getty Images (7)

In Fairbanks, wo wir in den ersten Tagen der Reise sein werden, fand der italienische Einwanderer Felix Pedro 1902 das erste Gold. Flüssiges Gold – Erdöl – wurde 66 Jahre später in der Prudhoe Bay im Norden Alaskas entdeckt. Seit 1977 strömt es in der Trans-Alaska-Pipeline nach Valdez im Süden. Diese technische Meisterleistung begutachten wir zusammen mit unseren Wissenschaftlern im Lauf der Reise an mehreren Stellen.

Weiter geht es in den Wrangell-St.Elias Nationalpark, der mit seinen unzähligen Gletschern und 53300 Quadratkilometern der größte US-Nationalpark ist. Wir übernachten in einer Lodge unweit von Kennicott. Heute ist das eine Geisterstadt, doch Anfang des 20. Jahrhunderts war Kennicott Brennpunkt des dortigen Gold-, Silber- und Kupferbergbaus.

Im Anschluss daran besuchen wir Valdez am Pazifischen Ozean. Die Stadt wurde beim berüchtigten „Karfreitagsbeben“ von 1964 völlig zerstört, freilich in Rekordzeit wieder völlig aufgebaut.

Über Seward, wo wir zur Northwestern Fjord Gletscher Tour einschiffen, geht es mit dem Flieger weiter nach King Salmon in den Katmai National Park. Dort befahren und erwandern wir das „Valley of 10000 Smokes“, das seit 1912 durch eine gewaltige Vulkaneruption eine Mondlandschaft ist. Während des Nationalpark-Besuchs halten wir Ausschau nach Braunbären, die hier bis zu 450 Kilogramm schwer werden.

Die wesentlichen Reisedaten:
Die Reise beginnt am Donnerstag, den 6. August mit dem Flug von Frankfurt/Main nonstop nach Anchorage. Der Rückflug startet am Nachmittag des 22. August, Ankunft in Frankfurt am Sonntagmorgen, 23. August. Gruppengröße: 20 Teilnehmer (Minimum) bis 32 Teilnehmer (Maximum). Diese einzigartige und nur einmal durchgeführte bdw-Expedition nach Alaska dauert 18 Tage. Sie kostet pro Person im Doppelzimmer 10900 Euro.

Für diesen Preis erhalten Sie:
Langstreckenflüge mit CONDOR ab/bis Frankfurt in Economy Class inklusive Steuern und Gebühren, sämtliche Flüge innerhalb Alaskas und alle Transfers, das umfassende Besichtigungs-, Rundfahrten- und Erlebnisprogramm, wie im vierseitigen Reisefaltblatt ausführlich beschrieben – einschließlich der Eintrittsgelder –, Transport im komfortablen, klimatisierten Reisebus, wissenschaftliche Reiseleitung durch Dr. Peggy Hellweg und Horst Rademacher, Alaskareiseleitung ab/bis Anchorage durch Dr. Erhard Bornemann, das „Reisehandbuch Alaska“, 9 Übernachtungen in Hotels der gehobenen Mittelklasse, 5 Übernachtungen in komfortablen Lodges, 2 Übernachtungen in der Brooks Lodge, 15 x Frühstück, 6 x Mittagessen bzw. Lunchpaket, 15 x Abendessen sowie die Mahlzeiten im Flugzeug.

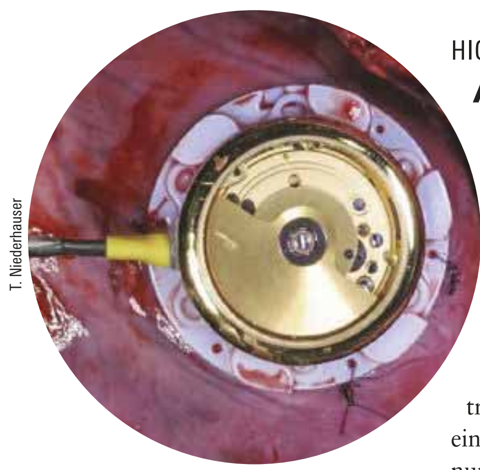
Das ausführliche Reiseprogramm erhalten Sie von:
Maren Hövelmann
bild der wissenschaft
wissenschaft@konradin.de
Tel: 0711/75 94 392
oder
Tobias Bening
Ikarus Tours GmbH
Am Kaltenborn 49-51
61462 Königstein
Tel.: 06174/29 02 55
Fax 06174/2 29 52
bening@ikarus.com

Anmeldung nur über Ikarus Tours!





Leben + Umwelt


T. Niederhauser

Benötigt keinen Strom: neuartiger Herzschrittmacher

HIGHTECH

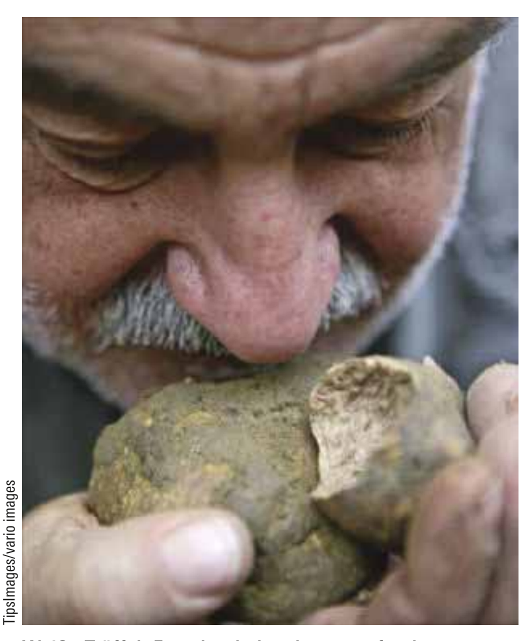
Automatik im Herz

Den Prototyp eines Herzschrittmachers, der keine Batterie braucht, hat Adrian Zurbuchen von der Universität Bern entwickelt. Das Gerät funktioniert nach dem Prinzip einer Automatik-Uhr, die sich durch Bewegung selbst aufzieht: Die Herzkontraktion setzt in dem Schrittmacher eine Feder in Bewegung, die in Spannung gehalten wird. Wenn sie sich entspannt, wird ein Mikrogenerator geladen, der als Energiequelle dient.

GEKLÄRT

Teure Bakterien

Für den typischen schwefligen Geruch weißer Trüffel (Tuber borchii) sind spezielle Bodenbakterien verantwortlich, die der Pilz während seines Wachstums umschließt. Das haben Forscher um Richard Splivallo von der Universität Frankfurt am Main herausgefunden. Die Erkenntnis ist vor allem für die Aromaforschung der Lebensmittelindustrie von Bedeutung. Weiße Trüffel sind eines der teuersten Nahrungsmittel der Welt: Ein Kilogramm der seltenen Delikatesse kostet bis zu 5000 Euro.


TipsImages/vario images

Weiße Trüffel: Forscher haben herausgefunden, woher ihr würziger Geruch stammt.

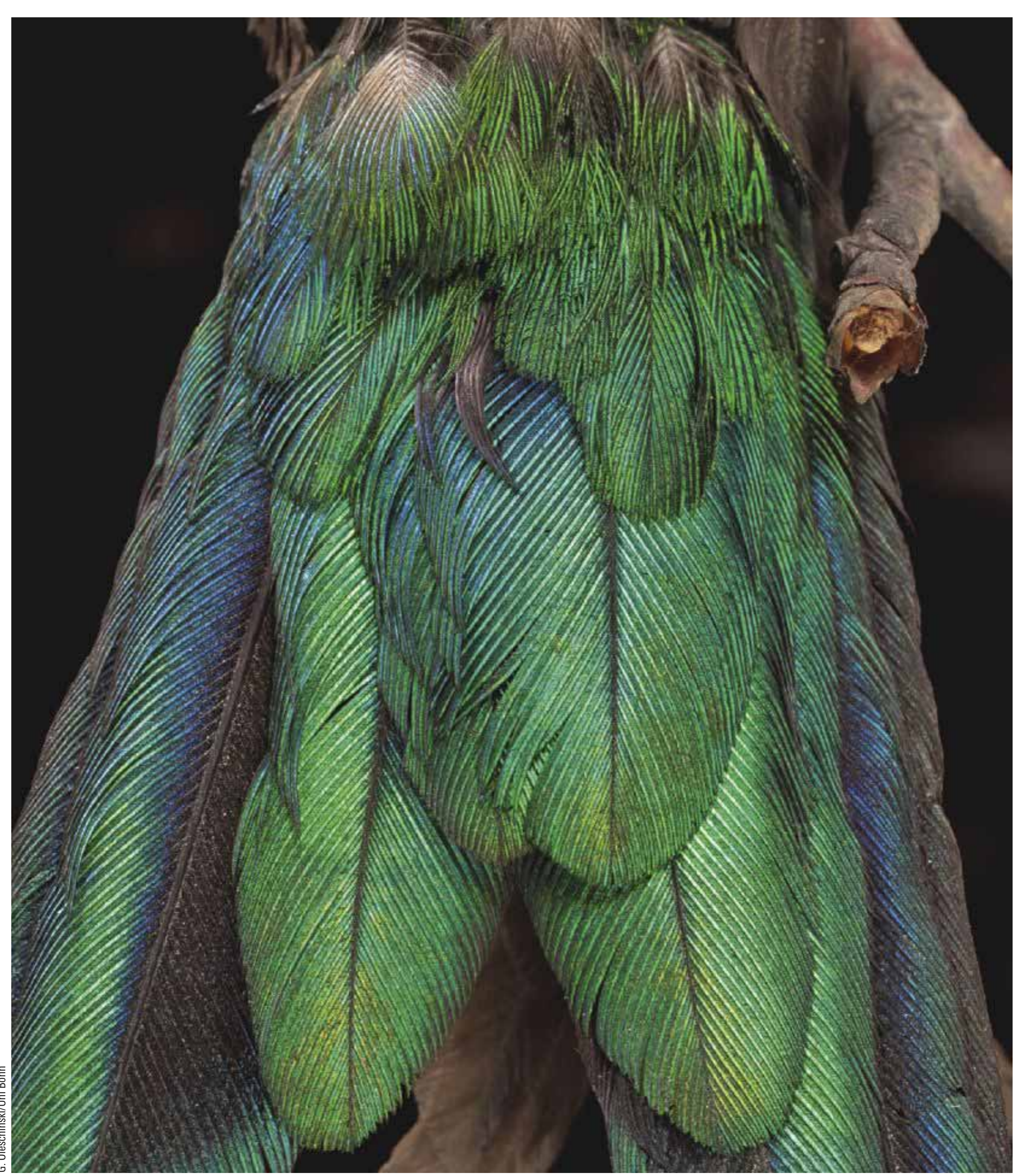
DURCHBRUCH

Impfen ohne Pieks

Eine Möglichkeit, Impfstoffe durch simples Eincremen zu verabreichen, haben jetzt Helmholtz-Forscher um Claus-Michael Lehr entwickelt. Als „Verpackung" für die Vakzine benutzen sie Nanopartikel, die sich in Hautfältchen und Haarfollikel-Öffnungen ablagern und dann in die Haut eindringen. Schon seit Jahren suchen Wissenschaftler nach Alternativen zu Impfungen mit Spritzen, da die entsprechenden Impfstoffe in der Herstellung recht aufwendig und teuer sind. Zudem benötigt man für die Injektionen speziell geschultes Personal, was besonders in Entwicklungsländern ein Problem darstellt.


iStock/Thinkstock

Einfach eincremen: Bald könnte es Impfungen ohne Spritze geben.



G. Oleschinski/Uni Bonn

Schillernde Dinos Dass dieses Gefieder eines Kolibris wegen seiner lichtbrechenden Nanostrukturen so irisierend leuchtet, brachte Forscher der Universitäten Bonn und Göttingen auf eine gute Idee: Da die Federn von Dinosauriern eine ähnliche Struktur hatten, könnten sie nicht nur der Isolation gedient haben, sondern mit ihrer Farbenpracht auch potenzielle Partner beeindruckt haben. Vielleicht war die Wirkung sogar noch stärker, weil die Dinos auch Farben im UV-Bereich sehen konnten.



H. Neleman/Getty Images

Der Mensch der Zukunft

Die biologische Evolution des Menschen ist keineswegs zu Ende: Wer genetisch besser an Klimawandel, Umweltchemikalien und neue Infektionskrankheiten angepasst ist, hat höhere Chancen, lebenstüchtige Nachkommen großzuziehen. Doch Epigenetik, Kultur und Technik mischen im Evolutionsprozess kräftig mit. So ist die Verschmelzung von Mensch und Maschine keine Science-Fiction mehr. Schon heute lassen sich experimentierfreudige Menschen einen technischen sechsten Sinn implantieren. Ist der Cyborg bald Realität? Der Medizin-Ethiker Julian Savulescu sieht es sogar als unsere moralische Pflicht an, die Menschheit zu optimieren.

Seite 14 **Wohin die Evolution uns treibt**
Neuartiger Selektionsdruck wird Homo sapiens weiter verändern.

Seite 20 **Magnet im Ohr**
Die Verschmelzung von Mensch und Maschine hat schon begonnen.

Seite 24 **„Wir müssen das Tier im Menschen zähmen“**
Bessere Menschen: Für dieses Ziel geht Julian Savulescu sehr weit.

R. Hartmann/ddp images



„Genau so ist es!“, wird mancher gedacht und dabei gegrinst haben, als er auf der Computermesse CeBIT an diesem Stand vorbeilief: Die Evolution des Menschen im Zeitraffer – von gebückten Vorläufern (außerhalb dieses Bildausschnitts) bis zum erneut gebückt vorm Rechner hockenden Zeitgenossen. Wahr ist: Mit uns geht's muskulär bergab – andere Eigenschaften bringen heute und in Zukunft Erfolg.

Wohin die Evolution uns treibt

Die biologische Entwicklung des Menschen geht immer weiter – ungeachtet des medizinischen und technischen Fortschritts.

von Klaus Wilhelm

In dem großen alienähnlichen Schädel steckt ein hyperintelligentes Gehirn, das alle Herausforderungen meistert. Die Augen sind überdimensioniert, ähnlich wie bei Figuren in Manga-Comics, die Nasenlöcher aufgebläht. Schön ist anders. So stellt sich der Digitalkünstler Nickolay Lamm die Zukunft des Homo sapiens vor (siehe Abbildung auf S. 16). Die bizarre Gestalt des Kopfes sei nötig, meint der Futurist. Eines Tages, in 100 000 Jahren vielleicht, werde der bislang getreue Bewohner des Planeten Erde ferne Himmelskörper im Weltraum besiedeln. Dann müsse er sich biologisch anpassen an die wüsten Verhältnisse im dunklen Sonnensystem, seiner neuen Heimat voller gefährlicher Strahlung und knapper Luft zum Atmen.

Science-Fiction kann herrlich unterhaltsam sein in ihrer fabulierenden Freiheit. Die Welt der klaren Fakten – firmierend unter dem Titel „Wissenschaft" – gibt sich dagegen nüchtern, wenn es um die biologische Zukunft unserer Art geht. Medizinischer Fortschritt zum Beispiel bedeutet, dass sich auch Menschen fortpflanzen können, die noch vor 200 Jahren an Krankheiten gestorben wären, gegen die es heute Rezepte gibt. Therapien sind ein tiefer Eingriff in die Mechanismen der Evolution (siehe Kasten „Wie Evolution funktioniert" auf S. 16). Trotzdem: „Die biologische Evolution hat nicht mit der Steinzeit aufgehört", ist der australische Evolutionsbiologe Darren Curnoe überzeugt.

„Natürlich nicht", sagt auch sein Fachkollege Axel Meyer von der Universität Konstanz, „ganz egal, wie viele Leihmütter oder Designerbabys es geben wird.

Kompakt

- Der Beginn der Landwirtschaft vor rund 7000 Jahren hat die Evolution des Menschen stark beschleunigt.
- Neuer Selektionsdruck entsteht durch Klimawandel, Infektionskrankheiten, Antibiotika-Missbrauch und bewegungsarmen Lebensstil.
- Epigenetische und kulturelle Einflüsse addieren sich zur natürlichen Evolution.



Hominiden unter sich – getrennt durch die Vitrinenscheibe im Pariser Naturkundemuseum, doch vereint durch die gemeinsamen Vorfahren vor Millionen von Jahren.

F.Soltan/Corbis









N.Lamm/Exclusivepix/action press (3)

Menschen heute (oben), in 60 000 Jahren (Mitte), in 100 000 Jahren (unten): So stellt sich der Künstler Nickolay Lamm eine mögliche Entwicklungslinie vor – mit viel mehr Hirn (und damit auch Stirn) und stark vergrößerten Augen.

Das sind Privilegien einer Minderheit. Für die meisten Menschen ist das kein Thema." Vor allem für jene nicht, die in Afrika, Südamerika oder Asien ums Überleben kämpfen. Sie müssen weitgehend ohne modernes Gesundheitssystem und Arzneien auskommen. Ob sich allerdings in den privilegierteren Ländern in Sachen Evolution noch etwas tun wird, bezweifeln manche Forscher. „Dafür werden hier einfach zu wenige Kinder geboren", meint Meyer. Der Biologe Ulrich Kutschera von der Universität Kassel erkennt sogar umgekehrt „in vielen Ländern Mitteleuropas eine rasche Evolution im Rückwärtsgang". Das heißt: Die Populationen sterben aus. Das ist etwas ganz Normales und gehört zur Geschichte der Evolution.

Gisela Grupe von der Universität München stimmt in den Gesamttenor ein. „Man kann nicht darüber spekulieren, welche konkreten Veränderungen am Körperbau die Evolution künftig hervorbringen wird", sagt die Anthropologin. „Evolution ist grundsätzlich nicht vorhersagbar." Was bleibt, ist begründete Spekulation – und das, was die Forscher herausgefunden haben.

Welche Mütter bekommen den meisten Nachwuchs?

Die wohl aufsehenerregendsten Ergebnisse hat das Team des Evolutionsbiologen Stephen Stearns von der Yale-Universität in den USA geliefert. Die Forscher werteten Daten der „Framingham Heart Study" aus. Sie analysierte den medizinischen Werdegang von gut 14 000 Bewohnern der Stadt Framingham in Massachusetts seit 1948, oft über drei Generationen hinweg. Im Fokus der Forscher standen über 2200 Frauen nach den Wechseljahren. Stearns wollte herausfinden: Hängen Körpergröße, Gewicht, Bluthochdruck und Cholesterinwerte mit der Zahl der Kinder zusammen, die diese Frauen geboren haben? Und falls ja – wie?

Resultat: Kleinere und schwerere Frauen hatten im Schnitt mehr Nachwuchs als größere und leichtere. Auch Frauen mit geringerem Blutdruck und niedrigeren Cholesterinwerten hatten mehr Kinder aufgezogen. Gleiches galt für Frauen, die schon sehr früh ihr erstes Baby zur Welt gebracht oder spät in die Wechseljahre gekommen waren. Erstaunlicherweise, berichten die Forscher im Fachblatt

Wie Evolution funktioniert

Die Prinzipien der Evolution nach Darwin sind recht simpel. Die Bausteine im Erbgut des Menschen verändern sich ständig. Das geschieht rein zufällig – Evolution ist nicht zielgerichtet. Da Veränderungen im Genom auch in Spermien und Eizellen vorkommen, wird jeder Mensch mit etwa 100 Millionen neuen Mutationen geboren. Er trägt Gen-Varianten, sogenannte Allele, in seinem Erbgut, die sein Vater und seine Mutter noch nicht hatten. Die meisten dieser Mutationen sind bedeutungslos, doch manche schaden auch. Wenn sich die Umweltbedingungen ändern – und dadurch ein sogenannter Selektionsdruck entsteht –, können Individuen mit bestimmten Mutationen einen Vorteil haben. Dann greift die „natürliche Auslese": Die am besten angepassten Individuen überleben häufiger als ihre Artgenossen und produzieren mehr Nachwuchs. Da die Nachkommen mit den gleichen Gen-Varianten ausgestattet sind, überleben auch sie häufiger.

Neben der natürlichen Auslese von Mutationen sehen Experten noch einen weiteren Mechanismus der Evolution: Bei einer „Gen-Drift" kommt es zu zufälligen Veränderungen innerhalb des Gen-Pools einer Population. Und: Naturkatastrophen wie Vulkanausbrüche können ganze Populationen auslöschen – und mit ihnen die genetischen Varianten ihres Erbguts.



S.Das/Bloomberg/Getty Images

Selektionsdruck der Gegenwart und Zukunft: Wer neue Umweltchemikalien oder Antibiotika-Reste im Fleisch genetisch besser aushält, wird im Vorteil sein (oben: Elektronikschrott-Recycling in Indien, rechts: Massentierhaltung).



F.Dott

„Proceedings of the National Academy of Sciences", vererbten die Frauen diese Merkmale an ihre Töchter.

Sollte sich der Trend weitere zehn Generationen fortsetzen, rechnen die Wissenschaftler vor, würden die Frauen aus Framingham im Jahr 2049 durchschnittlich zwei Zentimeter kleiner und ein Kilo schwerer sein als heute. Außerdem würden sie ihre Kinder im Schnitt fünf Monate früher gebären, kämen jedoch zehn Monate später als heute in die Wechseljahre.

Die Biologen haben mit statistischen Mitteln soziale und kulturelle Faktoren als Ursache für den beobachteten Trend geprüft – und einen Einfluss für unwahrscheinlich befunden. Einstweilen gehen sie davon aus, dass sich etwas auf genetischer Ebene verändert hat, was den Fortpflanzungserfolg der Frauen beeinflusst. Die Studie ist eine der wenigen – wenn nicht die einzige –, die Evolutionsprozesse beim Menschen in der Jetztzeit beleuchtet.

Andere Experten suchen in unserem Erbgut nach Hinweisen auf die vergangene Entwicklung. „Das menschliche Genom steckt voller Hinweise auf Veränderungen", berichtet Gisela Grupe. Seit Beginn der Landwirtschaft vor etwa 7000 bis 8000 Jahren hat sich unsere Evolution beschleunigt. Viele Menschengruppen wechselten damals ihren Lebensstil. Statt durch Wald und Flur zu streifen, um Wild zu jagen und Grünzeug zu sammeln, wurden sie sesshaft, bauten Getreide an und domestizierten Tiere.

Forscher können die Signatur dieses drastischen Wechsels in unserem Erbgut entziffern. Die Methoden dazu sind heute schnell, günstig und genau. Mit moderner Computertechnologie rechnen Wissenschaftler zurück, wann welche Mutationen im Genom von verschiedenen Menschengruppen aufgetaucht sind und bei wem sie sich durchgesetzt haben. Inzwischen lesen sie in der DNA fast wie in einem Buch.

Bei einer solchen „Lesung" hat sich ein US-amerikanisches Team jüngst die Varianten von 15 000 Genen bei Amerikanern europäischer und afrikanischer Herkunft vorgeknöpft. In unterschiedlichen Regionen der Erde wurden verschiedene Varianten der gleichen Gene vererbt. Das Ergebnis der Studie ist im renommierten Fachblatt „Nature" zu lesen: Mehr als drei Viertel der Gen-Varian-



M.Storms/Storms Media Group/Bulls Press

Richard Williams, Vater der Tennis-Champions Venus und Serena Williams, wurde mit 70 noch einmal Vater. Genetiker warnen: Bei

ten kamen in den vergangenen 5000 bis 10000 Jahren auf – eben zu der Zeit, als die Landwirtschaft erfunden und die Menschen sesshaft wurden.

Mit dem neuen Lebensstil stieg die Zahl der Menschen auf Erden unaufhörlich – in den vergangenen 400 Generationen um ein Vielfaches. Derzeit sind es über sieben Milliarden Individuen. „Mit entsprechend vielen Mutationen im Gen-Pool des Menschen“, wie Curnoe bemerkt. Genug Rohmaterial also, damit die Mechanismen der Evolution greifen konnten.

Der Australier spielt gedanklich Szenarien durch, die auf der Basis jener unzähligen Mutationen die Evolution des Homo sapiens künftig leiten könnten. „Selbst auf die Gefahr hin, dass ich als Futurist gebrandmarkt werde“, wie er erklärt. Und das sind die Faktoren des sogenannten Selektionsdrucks, die auf den Menschen wirken könnten:

- Klimawandel mit steigenden Temperaturen, Wetterextremen, möglichen Nahrungskrisen und Wassermangel,
- Missbrauch von Antibiotika in immer größer werdenden Beständen von Nutzvieh,
- Ausbreitung von Insekten, die Krankheitserreger übertragen,
- zunehmende Umweltverschmutzung, die größere Mengen von Chemikalien in Luft, Wasser und Nahrung mit sich bringt,
- ein Lebensstil mit wenig körperlicher Bewegung, der verstärkt auf technische Aktivitäten setzt.

Damit sich diese Faktoren auswirken können, braucht es Mutationen im Genom. Manche Gen-Veränderungen könnten unter dem jeweiligen Selektionsdruck Überlebensvorteile bieten – mit dem Resultat, dass sich ihre Träger erfolgreicher fortpflanzen als andere.

Darren Curnoe



D.Gray/ graynoise

Er arbeitete zunächst als Kameramann für zwei australische Fernsehsender. Doch statt in der Medienbranche zu bleiben, begann er 1990 das Studium der Archäologie. Heute ist Curnoe (*1967) Paläontologe, Archäologe und Evolutionsbiologe – und schafft es, seine beiden Bildungswege miteinander zu verbinden: Als Forscher arbeitet er an der Universität von New South Wales und an einem archäologischen Institut in China. Als leidenschaftlicher Kommunikator schreibt er für mehrere Magazine und veröffentlicht Texte auf einem eigenen Blog (www.walkingontwofeet.com). Sein Spezialgebiet ist die Entwicklungsgeschichte des Menschen, besonders die Untersuchung der menschlichen Fossilien der letzten 2,6 Millionen Jahre.

„Wenn der Selektionsdruck groß genug ist, etwa bei hoch tödlichen Infektionskrankheiten, kann das Ganze in wenigen Generationen passieren“, sagt Curnoe. Und fügt hinzu: „Das ist simple Darwin'sche Evolution.“ Andere Experten, darunter Gisela Grupe, sind skeptisch, was die Geschwindigkeit der Evolution betrifft, und reden eher von mehreren Hundert Generationen.

Welche Gene könnten die Evolution des Menschen vorantreiben? Als Erstes fallen dem Australier die Gene für „Hitzeschockproteine“ ein. Sie schützen Zellen vor stresserzeugenden Umwelteinflüssen, zum Beispiel erhöhten Temperaturen, aber auch vor UV-Strahlung oder Schadstoffen. Hinzu kommen Gene, deren Varianten die Funktionen des Immunsystems regeln sowie Gene für Schweißdrüsen und Gene, die Skelett, Muskeln und Nervensystem beeinflussen.

Dann weist Curnoe auf einen Mechanismus jenseits der klassischen Darwin'schen Evolution hin, den Biologen in den vergangenen Jahren zunehmend prominent aufs Tablett gebracht haben: die Epigenetik. Demnach bestimmen chemische Signale am Gerüst der DNA, welche Gene abgelesen werden. Inzwischen mehren sich die Belege, dass epigenetische Veränderungen durch Umweltbedingungen und kulturelle Prozesse hervorgerufen und an die nächste Generation weitergegeben werden können.

Darren Curnoe sieht die Evolution des Menschen daher als „eine Mixtur aus natürlicher Selektion, kulturellen Prozessen und Epigenetik“. Gisela Grupe verweist auf eine

Kindern älterer Väter treten gehäuft krankmachende Mutationen auf. Großes Bild: Eine Mutter in Harar/Äthiopien melkt ihre Ziege. Die Gen-Mutation, durch die man jenseits des Babyalters Milch verträgt, hat in Afrika mehrfach in verschiedenen Volksgruppen stattgefunden.

neue Theorie, die Ähnliches besagt. „Wir beeinflussen die natürliche Evolution und schaffen uns durch Kultur neuen Selektionsdruck. Da gibt es Wechselwirkungen." Der Evolutionsbiologe Kevin Laland von der schottischen Universität St. Andrews hat diesen Trend in der biologischen Forschung mit angestoßen. Im Fachblatt „Nature Review Genetics" schreibt er: „Die parallele Gen-Kultur-Evolution könnte sogar der vorherrschende Mechanismus in der jüngsten menschlichen Evolution sein." Und damit auch der künftigen menschlichen Evolution.

Hilfreiche Mutation: Milch verdauen können

Das beste Beispiel: Als Menschen in Europa vor 6000 Jahren anfingen, Rinder zu züchten, begannen sie auch, Milchprodukte zu sich zu nehmen – Nahrungsmittel, die sie bislang nicht verwerten konnten. Ihr Körper hörte nach der Kindheit auf, das Enzym Laktase herzustellen, das die Laktose in der Milch abbaut. Dann führten genetische Veränderungen dazu, dass die Laktase-Produktion im Erwachsenenalter nicht mehr eingestellt wurde. „Und das genetische Merkmal Laktose-Toleranz setzte sich durch", sagt Axel Meyer. „Das muss für die entsprechenden Populationen ein großer Überlebensvorteil gewesen sein." Meyer zufolge sollen Menschen mit Laktose-Toleranz vier bis zehn Prozent mehr überlebende Kinder aufgezogen haben, weil sie besser ernährt waren. Wissenschaftlich bewiesen ist das zwar nicht zweifelsfrei, aber fest steht: In Bevölkerungsgruppen von Nord- und Ostafrika, bei denen vor etwa 10 000 Jahren die Ziegenzucht begann, spielte sich mehrfach und unabhängig voneinander das gleiche genetische Prozedere ab.

Ein anderes Beispiel ist die Sichelzellenanämie, eine Bluterkrankung, die durch eine Mutation in einem Gen verursacht wird und die Schutz vor Malaria bietet. Die krank machende Variante des Gens ist vor allem in Westafrika verbreitet, wo Malaria häufig vorkommt. Vor allem Bevölkerungsgruppen, die die Yam-Pflanze kultivieren, sind Träger der Mutation, berichtet Laland. In den für den Anbau benötigten Wasserstellen brüten viele Moskitos – die Malariagefahr ist groß. Gene, die im Gehirn aktiv sind, sind für Laland ebenfalls bevorzugte Angriffspunkte kulturell getriebener Evolution.

Anders als je zuvor weiß der Homo sapiens heute ungefähr, wie seine Zukunft aussehen könnte. Wenn es wohl auch nicht zu so eindrucksvollen biologischen Veränderungen kommen wird, wie sie der Futurist Nickolay Lamm heraufbeschwört, so meint Darren Curnoe doch: „Ich bezweifle stark, dass sich der Mensch jemals komplett von den Prinzipien der Evolution lösen kann." ●



Wissenschaftsjournalist KLAUS WILHELM war als Kind fest davon überzeugt, dass wir irgendwann alle große Ohren haben werden – wie Mr. Spock von Raumschiff Enterprise.

R.Harding/ddp images

Magnet im Ohr

Die technische Optimierung des Menschen erreicht neue Dimensionen – vor allem in der Medizin. Und die Gemeinde der Enthusiasten wächst.

von Klaus Wilhelm

In einem sind sich Stefan Greiner und Thomas Stieglitz einig: Der Mensch hat nicht erst gestern begonnen, Schnittstellen zwischen seinem Körper und technischen Konstrukten zu schaffen. Schon vor vielen Hundert Jahren benutzten Behinderte Prothesen aus Holz, um verloren gegangene Gliedmaßen zu ersetzen. Doch hier endet auch schon die Einigkeit der beiden Herren, bittet man sie um ihre Meinung zum Thema „Verschmelzung von Mensch und Maschine".

„Natürlich haben wir Visionen für die kommenden Jahrzehnte", sagt der Ingenieur und Neuro-Techniker Stieglitz von der Universität Freiburg. „Wir wollen, dass Gelähmte wieder laufen können, und wir wollen, dass ein Handamputierter eine künstliche Hand wie eine natürliche nutzen kann." Dafür braucht es Schnittstellen zwischen Mensch und Technik.

Jüngst hat Stieglitz mit seinen Kollegen einem Unterarm-Amputierten mittels einer künstlichen Prothese haptisches Fühlen ermöglicht, indem er Nerven des Patienten mit zwei hauchdünnen Elektroden elektrisch reizte. Die Elektroden übertrugen daraufhin Sensordaten der künstlichen Hand über die Nervenleitungen im Körper zum Gehirn. So bekam der Patient Informationen über Form und Beschaffenheit von Objekten, die er griff – selbst wenn er sie nicht sah.

„Aber über einen Cyborg", einen Mensch-Maschine-Mix, der seine biologisch gegebenen Fähigkeiten erweitert, sagt Stieglitz, „machen wir uns sicher keine Gedanken". Ganz anders Stefan Greiner: „Das Zeitalter des Cyborgs hat schon begonnen", meint er. An der Universität Osnabrück schreibt Greiner seine Doktorarbeit über „Sensory Augmentation" – die Erweiterung der Sinne. Ihm geht es nicht nur darum, menschliche Wahrnehmungen von außen zu manipulieren, etwa mit Smartphones und anderen Gadgets. Er will die Fähigkeiten des Menschen auch von innen verbessern – mithilfe von Implantaten. Doch die heutigen Prototypen eines Cyborgs werden von profanen Problemen ausgebremst. Kürzlich hatte sich Greiner einen Magneten in eine Fingerkuppe einpflanzen lassen, der ihm die Wahrnehmung elektromagnetischer Wellen ermöglichte. „Ich habe Kabel in Wänden und Diebstahlsicherungen in Bibliotheken durch ein Vibrieren gespürt." Ein, wenn auch primitiver, sechster Sinn. Jetzt ist der Magnet wieder draußen, „weil er zur Seite gewandert ist und mich beim Klettern gestört hat".

Kompakt

- Schon vor vielen Hundert Jahren entstanden die ersten Schnittstellen zwischen Mensch und Maschine.
- Wagemutige lassen sich bereits einen sechsten Sinn implantieren.
- „Electroceuticals" könnten künftig einzelne Nerven reizen oder hemmen – und so etwa die Lernleistung verbessern.

Interne Kopfhörer als Ersatz fürs Augenlicht

Doch langfristig sehen die Anhänger der Cyborg-Szene derlei Probleme allenfalls als unpraktische Petitesse und nicht als Hindernis. Bestärkt fühlen sie sich durch jüngste Entwicklungen mit Kultcharakter. Der „Biohacker" Rich Lee etwa hat sich Magnete in die Ohren implantieren lassen. Diese internen „Kopfhörer" empfangen Signale von einer Magnetspule am Hals, die mit einem MP3-Player verbunden ist. Nun will Lee die Implantate mit dem GPS-System seines Smartphones zusammenbringen, sodass Informationen zur räumlichen Orientierung direkt in seinen Kopf wandern. Langfristig sollen die Implantate als Basis dienen für ein Echo-Lokationssystem, wie Fledermäuse es haben. Solch ein System kann Lee bitter gebrauchen: Wegen einer Augenerkrankung droht er irgendwann zu erblinden.

Eine andere trickreiche Erfindung sind unter die Haut gelegte RFID-Chips, die mit allen möglichen elektronischen Geräten kommunizieren können. Einige der Proto-Cyborgs öffnen damit Türen oder entsperren ihren Computer. Sie könnten sich damit theoretisch auch an Bezahlsysteme anschließen.

Noch mehr: Der „Eyeborg" Neil Harbisson, geboren mit einer kompletten Farbenblindheit, hat sich im Schädel eine Antenne befestigen lassen, die längs und mittig über den Kopf reicht und die Farben der Welt erkennt – sogar das für uns unsichtbare Ultraviolett- und Infrarotlicht. Jede Farbe wird verwandelt in einen bestimmten Ton, den nur Harbisson wahrnehmen kann. Er hört Farben. Für seinen Pass

H.Neleman/Getty Images



Ein „Cyborg“, hier nach Verschmelzung von Mensch und Kamera: Diese Vision entspross der Fantasie des Fotokünstlers Hans Neleman.





Technisch verbessert: Stefan Greiner mit Implantat in der Fingerkuppe (oben) und der farbenblinde Neil Harbisson, der per Antenne im Kopf plus Kamera die verschiedenen Farben als Töne hört (großes Bild).

L.Norgaard/SWNS.com/action press; S.Greiner

hat sich Harbisson samt Antenne ablichten lassen. Außerdem hat er die „Cyborg Foundation" gegründet – eine Stiftung, die Menschen helfen soll, ihre Sinne auszubauen.

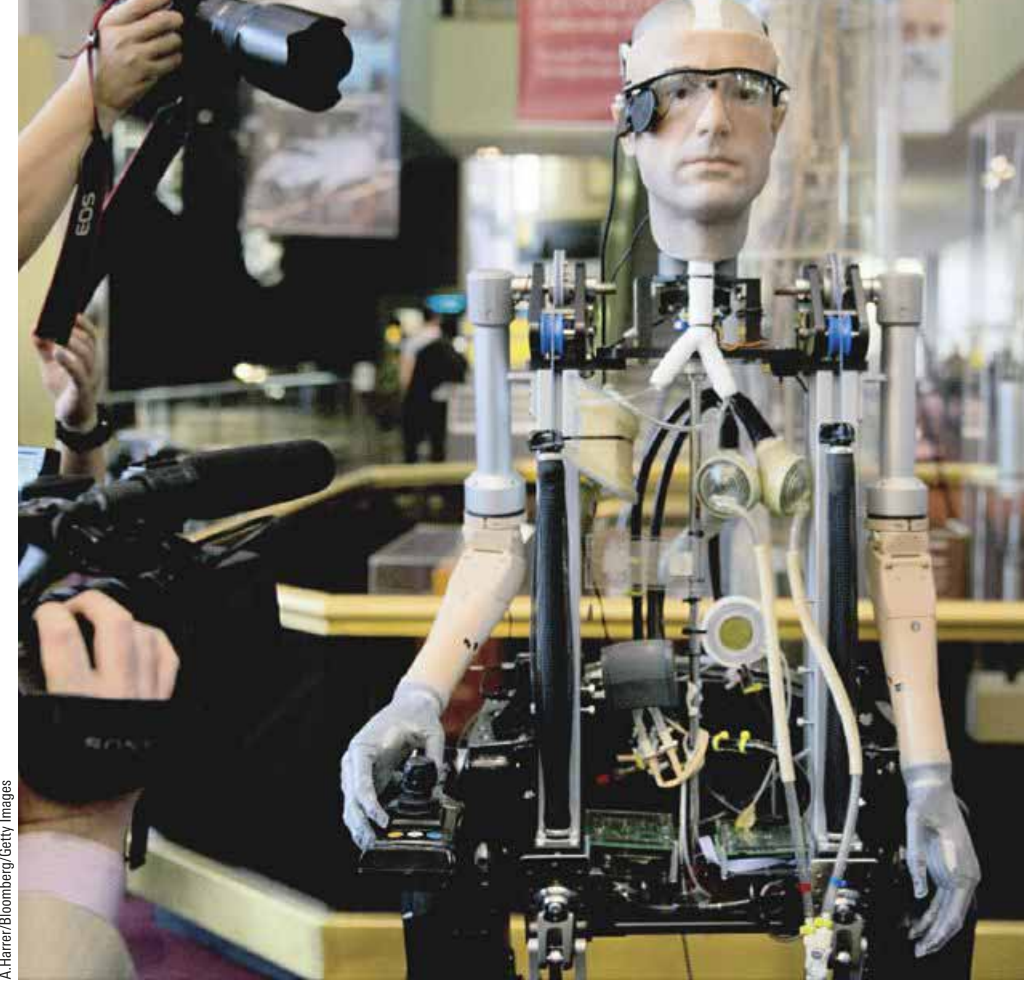
Diese Initiative beseelt Leute wie Stefan Greiner. Der junge Mann sieht den Menschen als „Wesen, das man gar nicht mehr von der Technik lösen kann". Den Körper begreift er „ausschließlich aus der Perspektive der Schnittstelle". „Ich verdränge ja nicht, dass an einem Cyborg geforscht wird", kommentiert Thomas Stieglitz. Gut möglich sei auch, dass man irgendwann den Körper aufrüsten kann. „Ich glaube aber nicht, dass das ohne Nebenwirkungen geht." Stieglitz warnt: Wahrscheinlich hat uns die Evolution aus gutem Grund mit genau den Sinnen ausgestattet, die wir haben. Unsere Kapazitäten sind begrenzt. Wenn wir einen weiteren Sinn hinzufügen, geht das auf Kosten der Robustheit und der Zuverlässigkeit des gesamten Sinnessystems, vor allem in schwierigen Situationen. „Wir werden fehleranfälliger."

Die Suche nach der besten Schnittstelle

Solche Bedenken hindern Christian Elger von der Universität Bonn keineswegs am visionären Denken. An der Schnittstelle zwischen Gehirn und Maschine, davon ist der Neurologe überzeugt, werde sich in den kommenden 50 Jahren Revolutionäres tun. Angesichts der weltweit laufenden Forschung „werden wir viel genauer als heute wissen, was wo im Gehirn passiert". Und das hat Folgen für den Menschen.

Elger erwartet viel von „Brain-Computer-Interfaces" – Hightech-Geräten, die das Gehirn mit Chips, Rechnern oder anderen Maschinen verbinden. Sie werden ins Gehirn oder unter die Schädeldecke implantiert und detektieren dort elektrische Potenziale und elektromagnetische Wellen, die Gedanken begleiten. Schon heute können querschnittsgelähmte Affen lernen, ihre Extremitäten über solche Brain-Computer-Interfaces zu steuern. Das Problem: Durch die nach außen führenden Kabel kommt es oft zu Infektionen. Aber in ein paar Jahrzehnten, prognostiziert Elger, „wird es Miniatur-Systeme geben, die die Feldpotenziale der aktiven Nervenzellen für die Gedankensteuerung messen. Sie geben ihre Signale mit einer Technik nach außen, die ähnlich wie Bluetooth funktioniert. Und sie werden sich über die Wärmeproduktion des Gehirns selbst mit Energie versorgen." Kabel? Überflüssig!

„Die minimal-invasiven Interfaces der Zukunft verarbeiten die gedanklichen Steuersignale und leiten sie an die Muskeln weiter", glaubt Elger. Er geht davon aus, „dass dann Gelähmte wieder laufen können". Krankheitsbedingte Ausfälle von Hirnleistungen ließen sich viel besser therapieren als heute. Auch Gesunde könnten profitieren. „Die Menschen werden Computerprogramme mit ihren Gedanken bedienen, indem sie ganz bestimmte Hirnregionen aktivieren", meint Elger. Menschen mit Headsets, die die Bioelektrizität der beteiligten Nervenzellen empfangen, gehörten mittel- bis langfristig zum Alltag, ist



„Bionischer Mensch“ im Smithsonian Museum in Washington: Er besteht komplett aus synthetischen Organen, Implantaten und Prothesen.

A.Harrer/Bloomberg/Getty Images

er überzeugt: „Ich werde dann Kraft meiner Gedanken zum Beispiel mein Haus aufschließen können.“

Der Bonner Visionär hält es auch für möglich, statt ein Headset zu nutzen, „sehr, sehr kleine Signalempfänger samt Verstärkern unter die Haut am Schädel zu verpflanzen“. Derlei Fantasien werden befeuert durch Großprojekte der Forschung zu „Electroceuticals“ (EC). Mit ihnen winkt – oder droht – uns die atemberaubendste Schnittstelle zwischen Mensch und Technik überhaupt.

EC sind mikrochipkontrollierte Elektrodenbündel im Nanoformat. Die winzigen Wunderwerke sollen, in den Körper implantiert, einzelne Nervenzellen stimulieren oder dämpfen. Gerade hat der Pharmakonzern Glaxo-SmithKline ein Forschungskonsortium zur Entwicklung von EC gestartet. Die Idee ist bestechend. An fast jeder Funktion des Körpers, etwa beim Regulieren des Blutdrucks, des Hungers oder der Stimmung, sind Impulse von Nervenzellen beteiligt. EC mit der Dimension einzelner Nervenzellen sollen die Signale modulieren und so Krankheiten nebenwirkungsfrei heilen.

Gaspedal für die Nervenaktivität

Um das umsetzen zu können, müssen die Wissenschaftler zuerst die exakten Aktivierungspotenziale entschlüsseln, die beispielsweise den Blutdruck regulieren. Und sie müssen herausfinden, wie sich die Potenziale der Nervenzellen bei hohem Blutdruck verändern. Ein Sisyphus-Job, denn dafür müssen alle Nervennetzwerke in Körper und Gehirn verstanden sein. Und das dürfte Jahrzehnte dauern. Ist das gelungen, müssen im zweiten Schritt jene EC entwickelt werden, die die Aktivierung einzelner Nervenzellen messen und entsprechend intelligent deren Aktivität je nach Bedarf anheizen oder bremsen. Stieglitz sieht hier ein großes Potenzial, genau wie Julian Savulescu (siehe Interview ab S. 24). Der Medziner und Philosoph von der Universität Oxford ahnt, dass die Möglichkeiten dieser ultimativen Mensch-Technik-Schnittstelle weit über medizinische Anwendungen hinausgehen werden. Auch angesichts eines milliardenschweren Hirnforschungsprojekts der Europäischen Gemeinschaft wähnt er die Forschung „auf der Spur des heiligen Grals der Neurowissenschaften: der strategischen Kontrolle einzelner Nervenzellen“.

Menschen könnten Electroceuticals nutzen, um sich zu verbessern, zum Beispiel zu Zwecken der Selbstkontrolle – oder um ihr Belohnungssystem gezielt zu aktivieren, wenn sie etwas lernen. „Um mehr Spaß beim Lernen zu haben“, wie Christian Elger hofft. Oder um ihre Lernfähigkeiten und kognitiven Fähigkeiten insgesamt auszubauen.

Bis es so weit sein wird, heißt es für die Forscher: dicke Bretter bohren. Und: Die Kehrseiten eingehend diskutieren. Selbst ein glühender Schnittstellen-Optimist wie Elger sieht Risiken. Die Menschen würden immer mehr zu Getriebenen: „Die größte Gefahr ist, dass wir in Wissende und Unwissende unterteilt werden – also in Menschen, die diese Systeme nutzen, und in andere, die das nicht können oder wollen. Das könnte die Gesellschaft spalten.“ ●

Mehr zum Thema

INTERNET

Allgemeines über die Evolution erfahren Sie hier:
www.evolutionsbiologen.de/

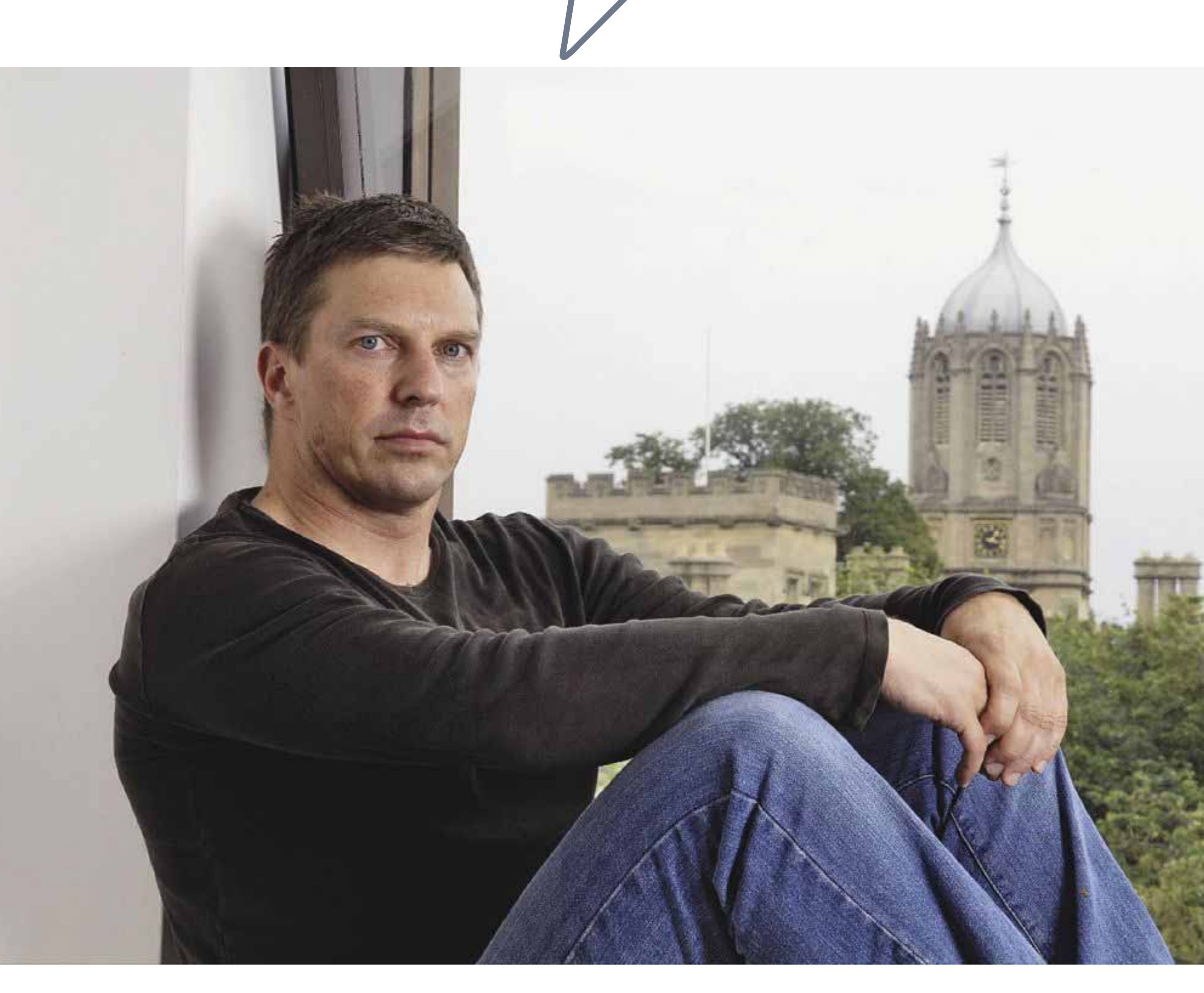
Kopplung von Nerven an technische Strukturen, Universität Freiburg:
www.imtek.de/professuren/bmt

Die Web-Seiten von Neil Harbissonsr Cyborg-Foundation:
eyeborg.wix.com/cyborg

Ein Verein, der die Mensch-Maschine-Verschmelzung propagiert:
cyborgs.cc/

Web-Seiten einer Community für Bioelektronik-Forschung:
www.gsk.com/en-gb/research/bioelectronics-research/

Wir müssen das Tier im Menschen zähmen



Der Philosoph Julian Savulescu von der Universität Oxford befürwortet, dass sich Menschen mit Medikamenten oder Neuroimplantaten optimieren.

Das Gespräch führte Klaus Wilhelm

„Nach diesem Interview werde ich in Deutschland noch unbeliebter sein“, vermutet Julian Savulescu von der Universität Oxford und lächelt – wohl wissend, dass seine steilen Thesen hierzulande nicht gut gelitten sind. Er ist überzeugt: Die rasanten Fortschritte in der Biomedizin und den Neurowissenschaften könnten helfen, gesunde Menschen von den Mechanismen der Evolution zu befreien, sie zu verbessern und zu optimieren. Beim „Bio-Enhancement“ geht es darum, das Leben zu verlängern, die Stimmung, die geistigen Fähigkeiten und die Moral zu verbessern. Schon heute schlucken dafür manche Menschen Medikamente, die eigentlich für Krankheiten wie ADHS oder Epilepsie gedacht sind.

Mittel- bis langfristig könnte Bio-Enhancement noch weitaus effektiver möglich sein. Zum Beispiel mit sogenannten Electroceuticals – Medikamenten oder technischen Verfahren, die das Gehirn sehr subtil und ganz gezielt elektrisch stimulieren können. Electroceuticals sollen Krankheiten wie Depressionen behandeln, aber auch Menschen leistungsfähiger machen, etwa indem sie das Lernen erleichtern. Andere Methoden sind die gentherapeutische Optimierung von Embryonen oder die Nutzung von Hirn-Computer-Schnittstellen, mit denen Gehirne an Computer angeschlossen werden könnten, um die Leistung des Denkorgans zu steigern. Mit der Ethik solcher Anwendungen beschäftigt sich Julian Savulescu.

bild der wissenschaft: Herr Professor Savulescu, öffentliche und industrielle Geldgeber investieren Milliarden von Euro, um sogenannte Neuroceuticals zu entwickeln. Macht Ihnen das Angst?

Julian Savulescu: Schon. Mithilfe von Electroceuticals könnte man eines Tages die strategische Kontrolle über das Gehirn übernehmen und die Entscheidungsfreiheit der Menschen untergraben. Die Identität einer Person würde nachhaltig verändert. Das liegt zwar alles noch in weiter Ferne, macht mich aber so besorgt, dass wir jetzt schon darüber diskutieren sollten.

Derlei Sorgen entsprechen so gar nicht Ihrem Credo. Sie gelten als großer Befürworter des Bio-Enhancement.

Ich sage, dass Menschen, die Bio-Enhancement grundsätzlich ablehnen, die Verantwortung für die Folgen der biologischen Evolution tragen. Mutation und Selektion sind wie eine Lotterie, die zur Ungleichheit zwischen den Menschen führt und dazu, dass viele Menschen nicht so gut leben, wie es ihnen eigentlich möglich wäre. Die Evolution bringt unvollkommene Menschen hervor – mit all den gewaltreichen Konsequenzen, die wir kennen.

J. Robertson/www.jr-photos.com

Sind Sie wütend auf die Verbrechen der Menschheit?

Wütend? Ich bin schockiert und tief traurig. Wir sind moralisch völlig unvollkommene Kreaturen. Um das zu sehen, muss ich nicht den Fernseher einschalten. Wir sind dazu verpflichtet, darüber nachzudenken, wie wir das Tier im Menschen zähmen können. Die biomedizinische Forschung wird uns in den kommenden Jahrzehnten immer mehr, immer bessere Möglichkeiten bieten, die wir nutzen sollten.

Aber stehen dem Bio-Enhancement nicht unkalkulierbare Risiken gegenüber?

Das ist richtig. Bio-Enhancement könnte eines der besten Projekte in der Geschichte der Menschheit werden – oder eines der schlimmsten. Die Risiken sind immens. In irgendeinem Winkel der Erde könnten Menschen versuchen, die Möglichkeiten des Bio-Enhancement zu ihrem Vorteil auszunutzen. Doch statt die neuen Techniken rigoros abzulehnen, sollten wir uns rechtzeitig mit einem verantwortungsvollen Umgang mit ihnen auseinandersetzen. Ich halte es für wichtig zu erforschen, wie moralisches Verhalten im Gehirn entsteht, welche neuronalen Netzwerke beteiligt sind und welche Gene zugrunde liegen. Wir sollten auch darüber diskutieren, welche moralischen Wesen wir sein wollen, denn wir haben die Verpflichtung, uns moralisch zu verbessern.

Sie propagieren ein moralisches Bio-Enhancement?

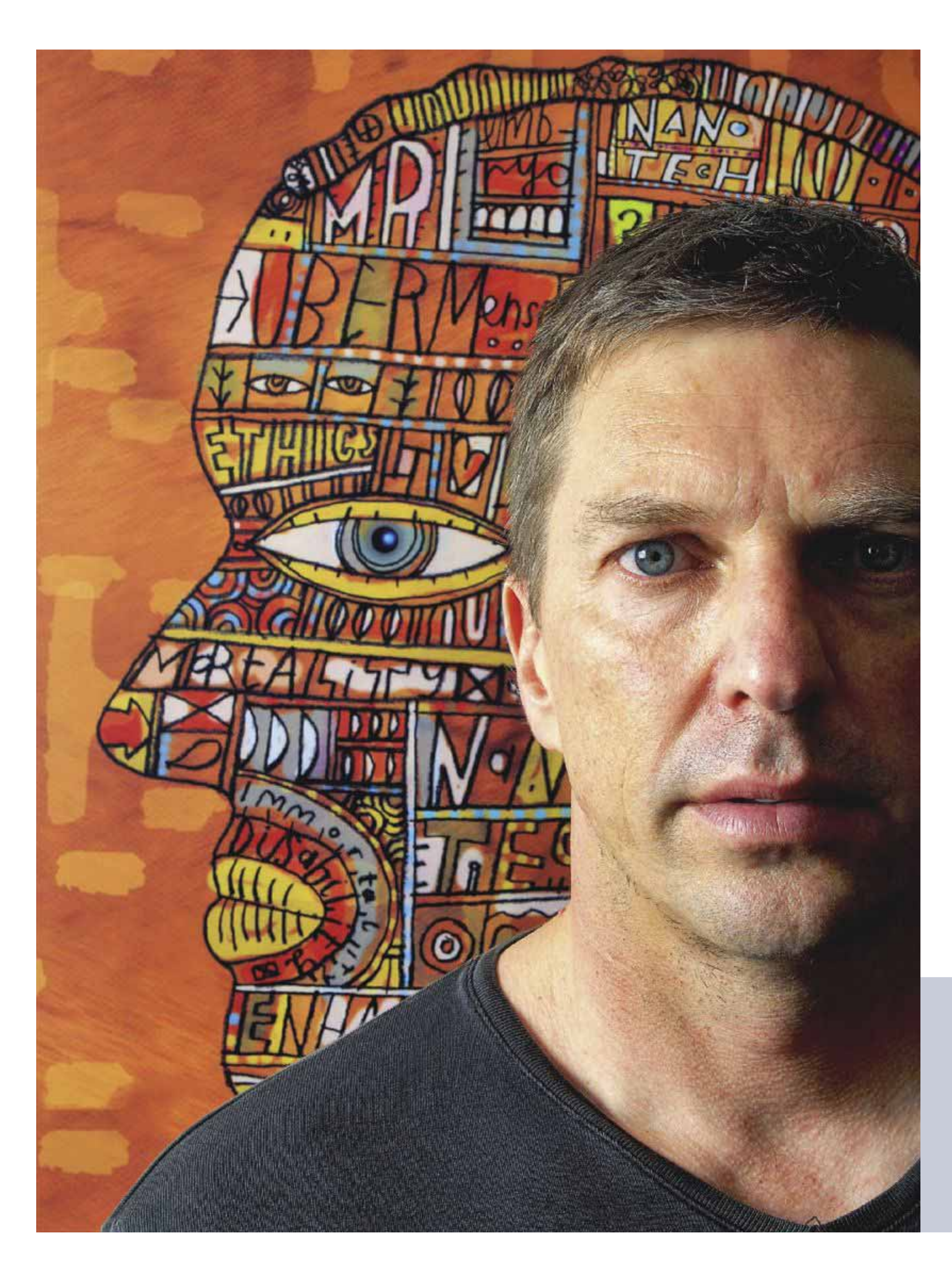
Ich propagiere zunächst einmal ein klassisches moralisches Enhancement, das heißt, Methoden wie Aufklärung, Gesetzgebung, Durchsetzung sozialer Normen und Bildung. Ohne moralisches Enhancement werden wir globale Probleme wie die Klimaerwärmung nicht

Betablocker machen weniger rassistisch

bekämpfen können. Leider sind die Erfolgsaussichten der klassischen Methoden begrenzt. Deshalb können wir es uns nicht erlauben, die Chancen eines moralischen Bio-Enhancement außer Acht zu lassen. Im Prinzip nutzen wir die Methoden schon heute, nur sehr primitiv und limitiert.

Inwiefern?

Manche antidepressiv wirkenden Medikamente machen die Menschen kooperativer. Und in einem Forschungsprojekt in Oxford haben wir nachgewiesen, dass Betablocker – millionenfach eingesetzte Herz-Medikamente – Menschen tatsächlich weniger rassistisch machen. Diese


MRI
NANO
TECH
ETHICS

Substanzen wirken rein biologisch. Das ist den meisten aber nicht bewusst. Aus komplett irrationalen Gründen lehnen viele Menschen Substanzen ab, die den Gehirnstoffwechsel beeinflussen. Ich halte es für völlig legitim, meine Entscheidungen durch Substanzen zu verbessern, die mich einen Sachverhalt besser durchdenken lassen. Ich wünschte, ich hätte das manches Mal in meinem Leben tun können.

Wie ist Ihre Meinung zu genetisch verbesserten „Designerbabys"?
Hier weht mir noch mehr Wind entgegen als im Bereich des moralischen Bio-Enhancement. Die meisten Merkmale des Menschen sind etwa zur Hälfte erblich, auch unsere Talente, unsere Intelligenz, unser Charakter und unsere Selbstkontrolle. Diese Merkmale tragen wesentlich dazu bei, ob wir ein zufriedenes und erfolgreiches Leben führen. Wären diese Merkmale durch Umweltfaktoren bedroht, würden wir sie sofort schützen wollen. Wir würden das sogar moralisch verlangen. Die logische Schlussfolgerung für mich ist: Eltern sollten dafür sorgen, dass ihr Kind das bestmögliche Leben führen kann – auch durch Optimierung der Gene in der frühen Embryonalentwicklung.

Birgt das genetische Enhancement im Embryo nicht auch Probleme?
Ja, ein Beispiel: Wenn einer von fünf Embryonen bei einer künstlichen Befruchtung eine genetisch erkennbare Tendenz zur Psychopathie hätte und die anderen vier nicht, wäre es moralisch geboten, nur zwischen den vieren auszuwählen. Schließlich könnte sich der eine Embryo später zu einem schwerkriminellen Psychopathen entwickeln. Wenn wir nach einer künstlichen Befruchtung den besten Embryo aussuchen, müssen die anderen getötet werden. Das ist eine moralische Diskussion, der wir uns stellen müssen.

mauritius images/Alamy

Noch sind Keimbahneingriffe wie dieser nicht erlaubt …
… was meiner Meinung nach nicht so bleiben wird.

Aber öffnen Sie damit nicht der Eugenik die Türen?
Das hat mit der Eugenik der Nazis nichts zu tun. Erstens dürfen die Menschen selbst ihre Auswahl und Entscheidung treffen. Und das geschieht – zweitens – nicht auf der Basis rassistischer Überlegungen.

Was zu beweisen wäre! Bliebe immer noch das Problem, dass wir niemals sicher sein können, was das Leben eines Menschen besser macht.
Das mag für manche Merkmale stimmen, die sich zwischen den Kulturen unterscheiden. Anders ist es meiner Meinung nach mit Werten, die in der Deklaration der Menschenrechte verankert sind, etwa Grundwerte wie Gerechtigkeit. Das beste Mittel, um einen Missbrauch dieser machtvollen Technologie zu verhindern, ist eine intensive ethische Diskussion.

Ich bin klar gegen jegliche Vorschriften

Gibt es für Sie eine ethische Grenze der biomedizinischen Verbesserung des Menschen?
Wir sollten keine Verfahren und Medikamente anwenden, die die Freiheit der Menschen untergraben würden. Doch das Leben ist kompliziert und unberechenbar. Man sollte immer von Fall zu Fall abwägen. Und man sollte keine zukünftige Technologie ausschließen.

Also doch die mögliche Gefährdung der Freiheit durch Electroceuticals in Kauf nehmen?
Wenn, um beim Beispiel Psychopathie zu bleiben, Electroceuticals die einzige Technologie wären, um einen psychopathischen Menschen moralisch zu verbessern, dann sollte man das Risiko der Fremdsteuerung des Gehirns unter Umständen in Kauf nehmen.

Sollte Bio-Enhancement auch dabei helfen, dass Menschen lästige Gefühle wie Neid, Schuld oder Trauer loswerden?
Jeder Mensch sollte selbst entscheiden, wann und wie er seine Gefühlswelt optimieren will. Wenn Sie finden, dass Sie zu ängstlich sind oder dass Sie nach einem Jahr Trauer über einen Verlust genug davon haben, dann sehe ich keinen ethischen Einwand, sich dieser negativen Gefühle mithilfe moderner Technik zu entledigen. Ich bin da klar gegen jegliche Vorschriften – weder von Ärzten noch von der EU oder jemand anderem. ●

Julian Savulescu

Der in Australien geborene Arzt und Philosoph arbeitet als Professor für Angewandte Ethik an der Universität Oxford. Er forscht über Fragen der Bioethik in Bereichen wie Klonen, Stammzellen, Genetik, künstliche Befruchtung und Neurowissenschaften. Julian Savulescu (*1963) ist Herausgeber der Zeitschrift „Medical Ethics", des wichtigsten wissenschaftlichen Organs dieser Zunft. Seine Thesen sind stark umstritten. So rechtfertigt er Doping im Sport, etwa beim Ex-Radprofi Lance Armstrong.



Struppi streicheln hält gesund

Hunde tun dem Menschen messbar gut:
Sie helfen gegen Stress – besser als manches Medikament.

Von Franziska Konitzer





Mit seinem Hund fühlt er sich wohl. Das ist nicht nur der subjektive Eindruck des Herrchens, sondern durch physiologische Messdaten klar belegt. Eine zentrale Rolle spielt dabei der Abbau von Stress beim Kraulen.

Kompakt

- Hunde dienen in unserer Gesellschaft vor allem der sozialen Unterstützung.
- Sie haben viele positive Auswirkungen auf den Menschen: stressreduzierend, blutdrucksenkend und vielleicht sogar generell gesundheitsfördernd.
- Diese Effekte könnten über das Oxytocin-Hormonsystem gesteuert werden.



Die dreijährige Valeria Sanchez kreischt vor Vergnügen, wenn Therapiehund Compass sie und ihre Logopädin im Krankenhaus von Miramar/Florida besucht. Dann kann das sprachgestörte Kind plötzlich klare Kommandos rufen.

S. Stocker/Polaris/laif

Über sieben Millionen Hunde gibt es in Deutschland laut einer Umfrage des Zentralverbandes Zoologischer Fachbetriebe. Etwa jeder achte Deutsche ist Hundebesitzer. Damit ist der Hund nach der Katze, die in knapp neun Millionen deutschen Haushalten vertreten ist, das mit Abstand beliebteste Haustier.

Neben den häuslichen Vierbeinern gibt es Blindenhunde, Drogenspürhunde und Therapiehunde. In manchen Schulen werden Hunde als Klassenhunde eingesetzt: Die Lehrer bringen sie mit ins Klassenzimmer, wo die Schüler frei mit ihnen umgehen dürfen – auch während des Unterrichts. Das reduziert Fehlzeiten, da die Kinder sich auf den Schulbesuch freuen. Auch das soziale Gefüge des Klassenverbandes verbessert sich. Verhaltensauffällige Kinder stören weniger, da sie ihre Aufmerksamkeit nun auf den Hund richten können.

In der Sozialarbeit erleichtern Hunde die Kontaktaufnahme, ob im Altersheim oder mit Obdachlosen. Manchmal begleiten sie Frauchen oder Herrchen sogar an den Arbeitsplatz – allerdings nicht immer zur uneingeschränkten Freude aller Kollegen.

Der Hund ist Familienmitglied, Spielkamerad und Alltagsbegleiter. Der französische Philosoph Voltaire bezeichnete ihn 1764 in seinem Philosophischen Wörterbuch als „besten Freund des Menschen“. Doch erst jetzt fangen Wissenschaftler an, die Rolle des Vierbeiners zu ergründen. „Der Hund hat eine Sonderstellung, weil er schon so lange mit dem Menschen zusammenlebt“, sagt Andrea Beetz, Psychologin am Institut für Sonderpädagogik der Universität Rostock.

Zutritt nur für kluge Hunde

Hund und Mensch als ein seit Jahrtausenden eingespieltes Team: Weshalb sie so gut miteinander kommunizieren, wollen Forscher um Ludwig Huber vom Messerli Forschungsinstitut der Veterinärmedizinischen Universität Wien herausfinden. Dort gibt es das „Clever Dog Lab“, wo Hundebesitzer mit ihren Vierbeinern an wissenschaftlichen Tests teilnehmen.

In ihrem aktuellen Projekt untersuchen die Wiener Forscher, ob Hunde zu Mitgefühl fähig sind. Versteht der Hund sein Herrchen? Weiß er, was sein Frauchen fühlt? Zunächst geht es um die Grundlagen: „Uns interessiert, wie Hunde auf Bilder mit verschiedenen Gesichtsausdrücken reagieren“, berichtet Huber. Dafür verwenden die Forscher einen „Eyetracker“ (siehe Fotos rechts) – ein Gerät, das normalerweise die raschen Augenbewegungen von Menschen aufzeichnet. Diese Bewegungen geben Aufschluss darüber, welche Teile eines Bildes jemand betrachtet und wie lange der Blick auf bestimmten Stellen verweilt. Doch während man Menschen darum bitten kann, ruhig zu sitzen und den Kopf nicht zu bewegen, geht das bei einem Hund natürlich nicht.

„Wir mussten die Tiere zunächst darauf trainieren, im Eyetracker stillzustehen. Dafür haben wir einen Stand mit Kissen gebaut, auf den sie ihren Kopf legen können“, erklärt Huber. „Wir wollten nicht, dass die Hunde sich hinlegen müssen. Das Experiment sollte in möglichst natürliches Verhalten eingebettet sein.“ Dann zeigten die Forscher den Hunden Bilder von menschlichen Gesichtern mit verschiedenen emotionalen Ausdrücken.

Resultat: Das Blickverhalten von Hunden hängt tatsächlich vom Gesichtsausdruck ab. „Bei negativen Emotionen, zum

Beispiel Zorn, schauen die Hunde meist nicht direkt ins Gesicht, sondern nur darum herum und vermeiden vor allem die Augen“, sagt Ludwig Huber. „Bei den fröhlichen Gesichtern schauen sie sofort in die Mitte des Gesichts, vorwiegend auf die Augenregion.“ Viele Hunde können demnach erkennen, was der Blick eines Menschen bedeutet.

Schnappen nach dem Konkurrenten

Christine Harris und Caroline Prouvost von der Universität San Diego in La Jolla untersuchten kürzlich das Vorhandensein eines Gefühls, das viele Biologen bislang für rein menschlich hielten: Eifersucht. Im Test sollten 36 Hundebesitzer ihren Vierbeiner ignorieren – entweder indem sie auf ein Buch oder einen Kürbiskopf schauten, oder indem sie sich einem ausgestopften Artgenossen zuwandten. Den hielten die vierbeinigen Probanden für echt, da er bellen und mit dem Schwanz wedeln konnte.

Das Ergebnis: Die Hunde störten sich am meisten an dem vermeintlichen Vierbeiner. 28 der 36 getesteten Hunde versuchten, die Aufmerksamkeit ihres Herrchens auf sich zu lenken, etwa indem sie es mit der Schnauze anstupsten. Der Kürbiskopf hingegen irritierte nur 15 Hunde, das Buch nur 8. Doch das ausgestopfte Tier wurde offensichtlich als Konkurrent gewertet – ein Viertel aller Hunde schnappte sogar nach ihm.

Hundebesitzer überrascht das nicht. Sie sind überzeugt, dass ihr Hund es natürlich merkt, wenn sie traurig sind. Oder sie stellen fest: „Er ist total eifersüchtig! Und wenn er mal wieder den Mülleimer ausgeräumt hat, hat er ein richtig schlechtes Gewissen.“ „Das sind nur Anekdoten“, widerspricht James Serpell, Tierethik-Professor an der Universität von Pennsylvania. „Der wissenschaftliche Wert solcher Einzelbeobachtungen ist sehr gering.“ Serpell untersucht systematisch, wie sich die Anwesenheit eines Hundes auf das körperliche und emotionale Wohlbefinden des Menschen auswirkt.

Bisherige Studien zeigen: Der Einfluss der Vierbeiner ist durchweg positiv. Ob Hunde den Blutdruck von Kindern verändern können, hatten Forscher um Erika Friedmann – die heute an der Universität

Gut zu wissen: Domestikation der Hunde

Die Wissenschaftler sind sich einig: Der Hund stammt vom Wolf ab. Doch wann und wo die Trennung stattfand, ist unklar – auch wenn sich in den letzten Jahren die Hinweise gehäuft haben, dass Hunde und Menschen viel länger zusammenleben als gemeinhin angenommen.

Darauf deuten fossile Funde aus Grabstätten hin. 2009 analysierte die belgische Paläontologin Mietje Germonpré mit ihren Kollegen einen Tierschädel aus der Goyet-Höhle in Belgien und fand heraus, dass der Schädel wohl einem Hund gehörte und knapp 32 000 Jahre alt ist. 2013 präsentierte ein Forscherteam um die Chinesen Guo-dong Wang und Weiwei Zhai die Ergebnisse ihrer Analyse des Erbguts von Wölfen, einheimischen chinesischen Hunden und drei anderen Hunderassen. Demnach fand die Trennung der chinesischen Hunde von Wölfen wohl vor 32 000 Jahren statt, wahrscheinlich in Asien.

Wenige Monate später stellten Olaf Thalmann von der Universität Turku in Finnland und Kollegen im Fachmagazin „Science“ ihrerseits die Ergebnisse genetischer Untersuchungen von hundeartigen Fossilien vor, die sie mit der DNA von Wölfen und Hunden verglichen hatten. Ihre Befunde deuten nicht auf Asien, sondern auf Europa als Ursprungsort von Hunden hin, die wohl vor 18 000 bis 32 000 Jahren vom Wolf getrennte Wege gingen.

Thalmanns Untersuchungen zeigen allerdings auch, dass der Schädel von Goyet nicht einem direkten Vorfahren heutiger Hunde gehört, sondern wohl einem Vertreter einer ausgestorbenen Nebenlinie von Wölfen oder Hunden. Dies stützt die seit Langem gehegte Vermutung, dass Wölfe an mehreren Orten und zu unterschiedlichen Zeiten gezähmt wurden.



A. Barber/Clever Dog Lab, Vergleichende Kognitionsforschung, Messerli Forschungsinstitut, Vetmeduni Wien (5)

Im Wiener Clever Dog Lab zeichnen Forscher mit einem Eyetracker auf, wohin Testhunde schauen: Je nach Gesichtsausdruck des gezeigten Menschen suchen sie seinen Blick – oder meiden ihn.



New York Daily News Archive/Kontributor/Getty Images

Lebensbegleiter und Delikatesse

Hundeskelette in Grabstätten deuten darauf hin, dass der Hund schon vor Tausenden von Jahren mehr als ein reines Nutztier für den Menschen war: Vor rund 14 000 Jahren wurden im Doppelgrab von Bonn-Oberkassel ein Mann und eine Frau zusammen mit einem Hund begraben. Der Tierethiker James Serpell von der Universität von Pennsylvania sagt: „Wenn man Menschen fragt, warum sie einen Hund haben, ist in den westlichen Ländern der wichtigste Grund die Begleitfunktion. In nicht-westlichen Ländern hingegen spielen Wachhunde eine große Rolle.“ Allerdings gibt es hierzu nur stichprobenartige Befunde, meist aus asiatischen Ländern. Yuying Hsu von der National Taiwan Normal University in Taipei fand heraus, dass für 41 Prozent der Hundebesitzer Taiwans der Hund vor allem Lebensbegleiter ist, für 47,3 Prozent hingegen die Bewacherrolle am wichtigsten ist.

Nicht überall sind Hunde gern gesehen – in chinesischen Städten waren sie bis 1992 verboten. „Haustiere wurden als Zeichen von Kapitalismus und Reichtum betrachtet“, erklärt Serpell. „Wer sie hielt, galt als selbstsüchtig. Schließlich haben sie keinen direkten wirtschaftlichen Nutzen.“ Inzwischen gibt es aber laut dem Marktforschungsunternehmen Euromonitor International in rund sieben Prozent aller chinesischen Haushalte einen Hund, Tendenz steigend.

Schon öfters ist Südkorea für seine Praxis des Hundeverzehrs kritisiert worden. Anthony Podberscek von der Universität Cambridge führte unter 1000 Südkoreanern eine Umfrage zu ihrer Einstellung gegenüber dem Hund als Haustier und Nahrungsmittel durch. Das Ergebnis war deutlich: Zwar besaßen 21 Prozent der Befragten selbst Hunde, doch nur knapp die Hälfte von ihnen würde ein Verbot von Hunden als Nahrungsmittel unterstützen. Insgesamt sprachen sich 24 Prozent der Befragten für ein Verbot des Hundefleischverzehrs aus – für ein Verbot des Rindfleischverzehrs waren immerhin 29 Prozent.

von Maryland in Baltimore forscht – bereits in den 1980er-Jahren getestet. In ihrer Studie sollten sich die Kinder ausruhen und dann vor dem Versuchsleiter laut aus einem Buch vorlesen. Keine sehr stressige Aufgabe, trotzdem steigt normalerweise der Blutdruck aufgrund der ungewöhnlichen Situation und der Anwesenheit des Versuchsleiters. Aber: Bei einem Hund im Raum war der Blutdruck der Kinder niedriger. Friedmann und ihre Kollegen gingen davon aus, dass den Kindern aufgrund des Hundes die Situation und der Versuchsleiter angenehmer und weniger bedrohlich erschienen.

Der Puls schlägt ruhiger

Schwedische Forscher kümmerten sich darum, wie sich Streicheln auf den Herzschlag des Menschen auswirkt. Nachdem Hundebesitzerinnen drei Minuten lang ihren Hund gekrault hatten, wurde ihr Puls aufgezeichnet. Das Ergebnis: Noch eine Stunde später war er niedriger als bei einer Kontrollgruppe. Ein Effekt, der ohne Pharmaka-Einnahme zustande kam.

Um herauszufinden, wie sich die Anwesenheit eines Hundes in Stresssituationen auswirkt, dachte sich die Psychologin Kirsten Jacobsen von der Universität Chicago einen perfiden Stresstest aus. Dabei wird eine Person in einen Raum mit drei „Richtern“, einem Aufnahmegerät und einer Videokamera geführt, um dort eine kurze Präsentation vorzubereiten. Dafür bekommt der Proband Stift und Papier für Notizen, und die „Richter“ sehen ihn bei seinen Vorbereitungen unverwandt an. Wenn der Versuchsteilnehmer mit der Präsentation beginnt, werden ihm seine Notizen unerwartet weggenommen. Danach ist Kopfrechnen an der Reihe – es gilt, in 13er-Schritten ab 1022 herunter zu zählen, also: 1022, 1009, 996, 983 und so weiter. Hat sich der Proband verrechnet, muss er mit der Zählerei von vorn anfangen. Kein Wunder, dass die Herzfrequenz steigt und das Stresshormon Kortisol ausgeschüttet wird.

Jacobson teilte 120 Probanden in drei Gruppen ein: Die erste Gruppe absolvierte den Stresstest, die zweite beschäftigte sich nach dem Test drei Minuten lang mit einem Hund, die dritte Gruppe hatte drei Minuten vor dem Test mit einem Hund zu tun. Natürlich waren die Teilnehmer aller drei Gruppen gestresst. Doch relativ am meisten entspannt war jene Gruppe, die sich vor dem Test mit dem Hund beschäftigt hatte. Das ließ sich direkt nach dem Test und sogar noch 35 Minuten später anhand der Konzentration des Stresshormons Kortisol im Speichel nachweisen. Zwischen den beiden Kontrollgruppen gab es keine Unterschiede.

Andrea Beetz und ihre Kollegen verwendeten eine kindgerechte Version dieses sogenannten Trierer Tests. Statt ein Job-Interview zu führen, sollten die Kinder eine Geschichte weiter erzählen. Während des Tests erhielten die Kinder Unterstützung – entweder durch eine freundliche Begleitperson oder durch einen Hund. Anhand der Kortisol-Konzentration wies Beetz nach, dass die Kinder umso weniger gestresst waren, je länger sie direkten Körperkontakt mit dem Hund gehabt hatten. Und: Der Hund hatte einen deutlich positiveren Effekt als die freundliche Begleitperson.

„Die beste Art, Stress zu regulieren, ist, ‚social support‘ zu bekommen, also soziale Unterstützung“, erklärt Andrea Beetz das Ergebnis ihrer Studie. „Dazu gehört





T. Heisler/NYT/Redux/laif

Irene Eisenberg, betagte Bewohnerin des Altersheims Hebrew Home in Riverdale, dreht richtig auf, wenn Therapiehund Luca im Zimmer ist (links). Und Ex-Marinesoldatin Tori Stitt, die mit Posttraumatischer Belastungsstörung aus dem Irakkrieg kam, geht es besser, wenn sie Hündin Devon küsst.

auch Körperkontakt. Und das fällt mit einem Hund sehr viel leichter, weil er nicht den menschlichen Normen unterliegt." Einem fremden Menschen streicht man nicht einfach durch die Haare – bei einem Hund hat man damit kein Problem.

Langfristig gesünder

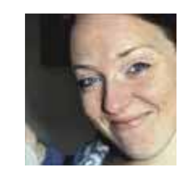
Der Kontakt zu einem Hund kann die Gesundheit sogar langfristig positiv beeinflussen, wie eine Umfrage australischer Forscher um Bruce Headey unter 1000 Australiern zeigte. Hundebesitzer (und auch Katzenbesitzer) gehen demnach seltener zum Arzt und nehmen weniger Schlafmittel. Ähnliches ergab eine Umfrage unter 3000 Chinesinnen, stellte Headey fest. Bis 1992 war Hundebesitz in chinesischen Städten verboten. Nachdem man das Verbot aufgehoben hatte, stieg die Zahl der Hundebesitzer rapide. Die Umfrage besagte: Frauen mit Hund trieben mehr Sport und hatten weniger Fehltage am Arbeitsplatz als Frauen ohne Hund. Allerdings: Es lässt sich nicht ausschließen, dass sich Hundebesitzerinnen von vornherein psychisch vom Rest der weiblichen Bevölkerung unterscheiden.

Ein weiterer Befund: Hundebesitzer nehmen seltener Medikamente gegen Herz- und Gefäßerkrankungen ein – und ein Jahr nach einem Herzinfarkt hatten mehr Hundebesitzer überlebt als Katzenbesitzer oder als Menschen ohne jegliches Haustier, wie Erika Friedmann und ihre Kollegen herausfanden.

Hunde als Stressregulierer, als Blutdrucksenker, als Therapeuten bei Herz- und Kreislaufproblemen: Auffällig ist, dass viele dieser Effekte auch bei der Ausschüttung von Oxytocin im Körper auftreten. Das „Kuschelhormon" wird unter anderem beim Stillen freigesetzt, bei angenehmem Körperkontakt mit einem vertrauten Menschen und beim Sex. Oxytocin wirkt beruhigend und führt zu verbesserter Wundheilung. Wird es dem Körper künstlich zugeführt, senkt es mehrere Stunden lang den Blutdruck und die Herzfrequenz. Andrea Beetz ist überzeugt: Hunde aktivieren bei ihren Bezugspersonen das Oxytocin-System mit all seinen Wirkungen.

Das passt zu den Ergebnissen einer Studie, die südafrikanische Forscher um Johannes Odendaal 2003 durchgeführt haben. Sie maßen den Oxytocin-Spiegel von Probanden, die einen fremden oder ihren eigenen Hund streichelten. In beiden Fällen war ein Anstieg der Konzentration des Kuschelhormons zu beobachten – und der Effekt war bei dem eigenen Hund stärker als bei einem fremden.

All diese Befunde erklären, warum sich Hunde so gut zu therapeutischen Zwecken und in der Sozialarbeit einsetzen lassen. Inzwischen besuchen manche von ihnen sogar die Universität. In der stressigen Prüfungszeit werden an der US-amerikanischen Universität Richmond Hunde auf den Campus geholt – damit die Studenten sie streicheln und mit ihnen spielen können. ●



FRANZISKA KONITZER hat zwar selbst keinen Hund. Sie freut sich aber immer, wenn sie einen streicheln kann.

Mehr zum Thema

LESEN

Warum wir Tiere brauchen:
Kurt Kotrschal
Einfach beste Freunde
Warum Menschen und andere Tiere einander verstehen
Brandstätter, Wien 2014, € 22,50

Warum Hunde auf Menschen anziehend wirken:
John Homans
Warum Hunde?
Springer Spektrum, Heidelberg 2014, € 24,99

Ihre Meinung ist gefragt

... zum Thema: Optimierung des Menschen

Der Philosoph Julian Savulescu von der Universität Oxford findet es richtig, dass Menschen alle technisch-medizinischen Möglichkeiten nutzen, um ihre Gehirnleistung zu steigern (siehe Interview ab S. 24). Er sieht die Menschheit sogar in der Pflicht, sich durch die Einnahme bestimmter Medikamente moralisch zu optimieren. Was halten Sie davon?

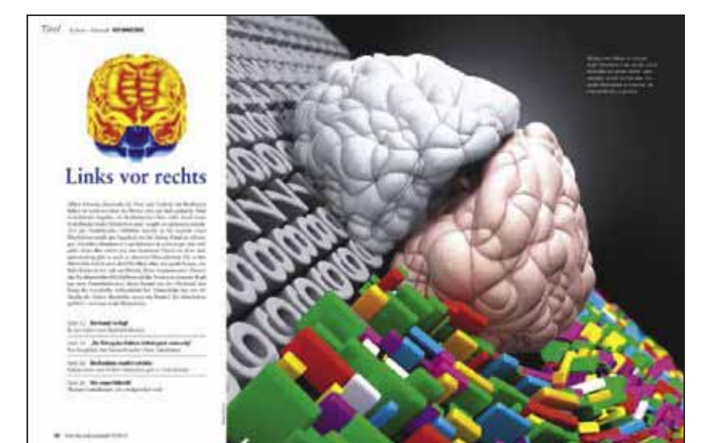
Ihre E-Mail bitte an wissenschaft@konradin.de, Stichwort: Umfrage

Der Kampf im Kopf

Titelgeschichte Heft 9/2014

Ich bin selbst Linkshänder und habe, seit ich lesen kann, auch die Fähigkeit, im Handlungsverlauf eines Traumes zu lesen und zu schreiben. In vielen wissenschaftlichen Artikeln wird behauptet, das sei prinzipiell ausgeschlossen.

Als ich etwas irritiert in meinem Umfeld herumfragte, zeichnete sich ab, dass (bei der relativ kleinen Stichprobe tatsächlich ohne Ausnahme) alle befragten Linkshänder im Traum lesen und schreiben können und das für völlig selbstverständlich halten, während diese Fähigkeit den Rechtshändern nicht nur verschlossen bleibt, sondern diesen schon der Gedanke daran abwegig erscheint.



Links vor rechts

Wissenschaftliche Ergebnisse oder auch nur Untersuchungen habe ich zu diesem Phänomen keine finden können. Weiß jemand unter den bdw-Lesern etwas Interessantes dazu?

Tore Wiedenmann, per E-Mail

Sehr gewünscht hätte ich mir, dass Sie den Aspekt der Umschulung von einer auf die andere Hand erwähnen und die Auswirkungen der Umschulung auf das Leben der Menschen schildern. Seitdem ich mit links schreibe und am PC meinen Trackball mit der linken Hand benutze, hat sich mein Leben sehr verändert.

Früher hatte ich undeutlich gesprochen und mich in gesprochenen Sätzen verhaspelt. Meine Schrift war furchtbar. Ich konnte das, was ich in meinem Kopf hatte, nicht ausdrücken. Meine Zahnbürstenköpfe waren nach kürzester Zeit Besen, und ich benutzte einen elektrischen Rasierapparat, weil ich mich zuvor mit einem Klingenrasierer immer geschnitten hatte.

Ich habe mich zur Rückschulung – zur Schulung und Nutzung meiner tatsächlich dominanten linken Hand – entschlossen. Meine elektrische Zahnbürste meldet mir, seitdem ich sie in der linken Hand halte, nicht mehr, dass ich zu stark aufdrücke. Meine Unterschrift finde ich heute richtig gut. Insbesondere aber muss ich heute nicht mehr lange im Kopf vorformulieren, um dann etwas zu sagen (oder es sein zu lassen, da die Diskussion fortgeschritten ist und mein Satz nicht mehr passt). Ich kann jetzt lossprechen und mich darauf verlassen, dass der von mir gesprochene Satz tatsächlich wiedergibt, was ich sagen wollte. Das ist ein Geschenk, das ich nicht erwartet hatte.

Michael Pruß, Beelitz

Etwas, was für Rechtshänder geschaffen worden ist, sind die Wendeltreppen in Burgen, die verteidigt werden müssen. Der Verteidiger kommt von oben und kann mit seinem Schwert, das mit dem rechten Arm geführt wird, weit ausholen. Der Angreifer von unten kann nur mit der normalerweise schwächeren linken Hand schlagen.

Ernst Willenbrock, per E-Mail

Ihre Meinung ist gefragt

Heft 10/2014: Berichterstattung über Suizide?

Veröffentlichungen: ja, unbedingt, aber keinesfalls(!) personalisiert, sondern nur nach verschiedenen Gesichtspunkten statistisch aufbereitet.

Hermann Kissig, per E-Mail

Menschen sollten sich nicht umbringen, nur weil sie Prominenten nacheifern. Ich bin daher ohne Einschränkung für eine zensierte beziehungsweise reglementierte Berichterstattung über Suizide.

Ingo Flick, per E-Mail

Der alte Mann und der Mars

Heft 9/2014

Aldrin bezeichnet Menschen, die bereit sind, zum Mars zu fliegen, als „Pioniere“. Dieser Begriff verharmlost die Tatsache, dass er es gut fände, wenn diese Menschen nicht mehr zurückkehren könnten. Sicher werden sich Weltraumromantiker, die zu viele Science-Fiction-Filme gesehen haben, bereit erklären, auf immer der Erde den Rücken zu kehren. Sie sind aber keine Pioniere, sondern ganz einfach Versuchskaninchen – und das sollte man auch so nennen.

Wenn Mars-Expeditionen einen Sinn haben sollen, dann vor allem den, zu

erfahren, wie der Mensch sich in einer künstlichen Welt entwickelt und ob auf der Erde erdachte technische Hilfsmittel sich auch in der Praxis auf dem Mars bewähren. Dabei kann man die auftretenden psychischen Belastungen vermutlich noch nicht einmal erahnen. Wenn ein System nicht wie geplant funktioniert, hat der Marsbewohner eben Pech gehabt.

Kein echter Pionier hätte je unter Einsatz seines Lebens Kontinente erforscht, keiner hätte als erster Berge bestiegen oder die Antarktis durchquert, keiner wäre gen Westen gesegelt, um neue Schifffahrtswege zu erkunden oder wäre auf den Mond geflogen, wenn nicht die Chance und Hoffnung bestanden hätte, das Unternehmen zu überleben und zurückkehren zu können.

Es wäre schon interessant zu wissen, ob Herr Aldrin auf den Mond geflogen wäre, wenn man ihm vorher gesagt hätte, dass er nach der Mondlandung bis ans Ende seiner Tage die Erde nur noch vom Mond aus sehen kann.

Klaus Stölker, per E-Mail

Die Redaktion behält sich vor, Leserbriefe gekürzt abzudrucken.



Heinrich Hemmes Cogito – Die Lösung des Oktober-Preisrätsels

Der kürzeste Monat ist der Februar. Ein Zeitraum von einem Monat, der in einem Gemeinjahr am x-ten Februar um 8.00 Uhr beginnt und im selben Jahr am x-ten März um 8.00 Uhr endet, ist nur 28 Tage lang. Dies entspricht aber nicht unbedingt 28 · 24 = 672 Stunden. Am letzten Sonntag im März werden die Uhren von Winter- auf Sommerzeit umgestellt. Dabei fällt die Stunde zwischen 2 und 3 Uhr nachts aus. Liegt also der letzte Sonntag im März in dem Zeitraum, ist er nur 671 Stunden lang. Kürzer kann ein Zeitraum von einem Monat nicht sein. Da in dem Jahr, in dem der Wagen gemietet wurde, jeder andere Zeitraum von einem Monat länger war als 671 Stunden, muss es ein Gemeinjahr gewesen sein, in dem die Zeit am 28. März umgestellt wurde. In diesem Jahrtausend traf das bisher nur auf das Jahr 2010 zu. Der Wagen wurde also am 28. Februar 2010 um acht Uhr gemietet und am 28. März 2010 um kurz vor acht Uhr zurückgegeben.

Die Gewinner

Das Los hat unter den richtigen Einsendern entschieden: Je eine DVD „Das Periodensystem" bekommen: Dr. Burkhard Austermühl, Berlin; Georg Bauer, Farchant; Rudolf Dörr, Schwabach; Mario Niklaus, Friedrichshafen; Kurt Stix, Waldfischbach-Burgalben. Wir gratulieren!

Schwebender Globus

Dieser revolutionäre Globus ist eine patentierte Welt neuheit. Er verblüfft durch sein völlig freies Schweben im Raum. Möglich wird dies durch ein magnetisches Feld, das durch eine hochentwickelte elektronische Steuertechnik geregelt wird. Auch wenn Sie Ihre Hand über oder unter die Weltkugel führen, schwebt sie weiter auf ihrem magnetischen Feld im Raum!

Durchmesser Weltkugel: ca. 85 mm

Keine Zuzahlung

2

Übrigens: Um einen neuen Leser zu werben, müssen Sie selbst kein Abonnent sein!

50,– € in bar

50,– € für Sie und wofür immer Sie wollen. Genau das Richtige, um sich zwischendurch etwas zu gönnen.

3

bild der wissenschaft. Für Vorwärtsbringer.

Gleich online bestellen:

www.direktabo.de direktabo.de

Oder Coupon einsenden an:
bild der wissenschaft Leserservice
Postfach 810580, 70522 Stuttgart

Phone 0711/72 52-201
Fax 0711/72 52-399

Ich habe den neuen Leser geworben

und erhalte als Dankeschön die Prämie meiner Wahl wie angekreuzt nach Zahlungseingang.

- ☐ **1** Rucksack Airzone Spirit 25 [11730AL]
- ☐ **2** Schwebender Globus [11731AL]
- ☐ **3** 50,– € Barprämie [11732AL]

Vorname, Name

Straße, Nr.

PLZ Ort

Geb.-Datum

E-Mail

Phone, Fax

Ich bin der neue Abonnent

Vorname, Name

Straße, Nr.

PLZ Ort

Geb.-Datum

E-Mail

Phone, Fax

Durch Angabe Ihrer Telefonnummer und E-Mail-Adresse erklären Sie sich einverstanden, dass Ihre Daten gespeichert und zu Werbezwecken durch uns oder befreundete Dritte genutzt werden. Sollten Sie künftig keine Informationen und Angebote mehr erhalten wollen, können Sie jederzeit der Verwendung Ihrer Daten durch uns oder Dritte für Werbezwecke widersprechen.

SEPA-Lastschriftmandat (Mandatsreferenz wird separat mitgeteilt). Ich ermächtige die ZENIT Pressevertrieb GmbH, Postfach 810680, 70523 Stuttgart, Gläubiger-Identifikationsnummer DE34 AVS0 0000 0204 06, Zahlungen von meinem Konto mittels Lastschrift einzuziehen. Zugleich weise ich mein Kreditinstitut an, die von der ZENIT Pressevertrieb GmbH, 70523 Stuttgart, auf mein Konto gezogenen Lastschriften einzulösen. Hinweis: Ich kann innerhalb von 8 Wochen, beginnend mit dem Belastungsdatum, die Erstattung des belasteten Betrags verlangen. Es gelten die mit meinem Kreditinstitut vereinbarten Bedingungen.

Mein Zahlungswunsch: ☐ per Bankeinzug ☐ gegen Rechnung

BIC IBAN

Geldinstitut

Datum, Unterschrift

Vorzugspreis (12 Ausgaben) 88,80 € (Ausland 98,40 € / CHF 166,20). Das Abo läuft zunächst für 1 Jahr und kann anschließend jederzeit gekündigt werden.

Hinweis: Das Dankeschön wird nach Bezahlung der Aborechnung versandt. Angebot nur gültig innerhalb der EU.

Widerrufsrecht: Sie haben das Recht, binnen vierzehn Tagen ohne Angabe von Gründen diesen Vertrag zu widerrufen. Die Widerrufsfrist beträgt vierzehn Tage ab dem Tag, an dem Sie oder ein von Ihnen benannter Dritter, der nicht der Beförderer ist, die erste Ware in Besitz genommen haben bzw. hat. Um Ihr Widerrufsrecht auszuüben, müssen Sie uns (ZENIT Pressevertrieb GmbH, Julius-Hölder-Str. 47, 70523 Stuttgart, Tel. 0711/72 52-201, bdw@zenit-presse.de) mittels einer eindeutigen Erklärung über Ihren Entschluss, diesen Vertrag zu widerrufen, informieren. Sie können ein Muster-Widerrufsformular oder eine andere eindeutige Erklärung auch auf unserer Webseite unter www.direktabo.de/widerrufsformular elektronisch ausfüllen und übermitteln. Machen Sie von dieser Möglichkeit Gebrauch, so werden wir Ihnen unverzüglich (z. B. per E-Mail) eine Bestätigung über den Eingang eines solchen Widerrufs übermitteln.

Zur Wahrung der Widerrufsfrist reicht es aus, dass Sie die Mitteilung über die Ausübung des Widerrufsrechts vor Ablauf der Widerrufsfrist absenden.

Verlag: Konradin Medien GmbH, Ernst-Mey-Str. 8, 70771 Leinfelden-Echterdingen, Geschäftsführer: Peter Dilger, Amtsgericht Stuttgart, HRB 222257.

Abo-Vertrieb: Zenit Presseservice GmbH, Julius-Hölder-Str. 47, 70597 Stuttgart, Geschäftsführer Joachim John.

GRATIS: Bei Zahlung per Bankeinzug erhalten Sie diese klassische Armbanduhr mit hochwertigem Uhrwerk!

Erde + Weltall

SPRUCHREIF

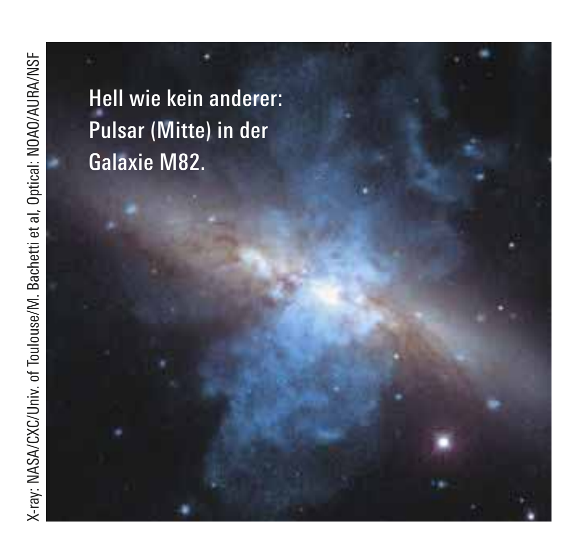
„Kirche und Naturwissenschaften haben so viel miteinander zu tun wie Gruppensex und Bratkartoffeln.“

Werner Gruber, Physiker

BEDENKLICH

Das große Beben naht

In San Francisco steht das seit langer Zeit befürchtete große Erdbeben offenbar kurz bevor. Nach einer Studie des U.S. Geological Survey steht der Untergrund der Stadt an vier Stellen unter enormer Spannung. So habe sich an den großen Verwerfungen Hayward und Calaveras das Gestein verhakt, die Tektonik ist zum Stillstand gekommen. Wenn der Boden unter dem gewaltigen Druck bricht, entlädt sich die Spannung schlagartig, und es kommt zu einem verheerenden Beben.



Hell wie kein anderer: Pulsar (Mitte) in der Galaxie M82.

X-ray: NASA/CXC/Univ. of Toulouse/M. Bachetti et al, Optical: NOAO/AURA/NSF

SCHLECHT!

Eis im Tank



ESA/CNES/Arianespace/Optique Vidéo du CSG - P. Baudon

Ziel verfehlt: Die zwei Galileo-Satelliten sind jetzt nutzlos.

Als Ende August zwei Satelliten des geplanten europäischen Navigationssystems Galileo in die falsche Umlaufbahn geschossen wurden, saß der Frust bei den Wissenschaftlern tief. Eine internationale Expertenkommission hat jetzt die Ursache der Panne ermittelt: In der Oberstufe der Trägerrakete war ein Teil des Treibstoffs eingefroren. Dadurch war die Energieversorgung der Rakete kurzzeitig unterbrochen, und die Satelliten wurden an der falschen Stelle ausgesetzt.

REKORD

Gewaltiges Leuchten im All

Einen Röntgenpulsar, dessen Lichtleistung 100 Mal so groß ist wie die bisher angenommene Grenze solcher Objekte, haben Forscher in der zwölf Millionen Lichtjahre entfernten Galaxie M82 entdeckt. Das Team um Matteo Bachetti von der Universität Toulouse hat errechnet, dass der Himmelskörper eine Leuchtkraft von 2000 Trillionen Gigawatt besitzt. Pulsare sind Neutronensterne – kollabierte Kerne massereicher Sonnen.



Glow Images

Nicht mehr Tornados! Berichte über „Twister" in den USA erwecken den Eindruck, die Zahl dieser Tornados habe sich in den vergangenen Jahren deutlich erhöht. Dem widerspricht eine Studie der Wetter- und Ozeanographiebehörde der USA. Danach blieb die Zahl der Windhosen in den letzten 60 Jahren gleich. Allerdings konzentrieren sie sich auf weniger Tage im Jahr: Seit 2000 ist die Zahl der Tage mit mehr als 30 Tornados signifikant gestiegen. Ungeklärt ist, ob der Klimawandel die Ursache ist.

Warum Supernovae explodieren

Seit Jahrzehnten ringen Forscher darum, das brachiale Ende massereicher Sterne zu simulieren. Jetzt ist es ihnen erstmals gelungen, Supernovae dreidimensional im Computer detonieren zu lassen.

von Reinhard Breuer

Der kosmische Blitz traf die Erde vor 27 Jahren. Am 24. Januar 1987 entdeckten Ian Shelton und Oscar Duhalde vom Campanas-Observatorium in Chile mit bloßem Auge am Himmel ein helles Objekt. Die Astronomen reagierten rasch und konnten mit ihren Teleskopen alsbald das aufflammende Leuchten einer Sternexplosion verfolgen. Diese Supernova bekam die Bezeichnung „SN 1987A“.

Das seltene Ereignis hatte sich in unserem kosmischen Vorgarten ereignet: inmitten der Großen Magellan'schen Wolke, einer kleinen Satellitengalaxie, die in 168 000 Lichtjahren Entfernung unsere Milchstraße umkreist. Auch die Teilchenphysiker wurden aufmerksam und begannen nach Spuren der Sternexplosion zu fahnden: Wie die Aufzeichnungen von drei unterirdischen Labors zeigten, konnten insgesamt 24 Neutrinos gemessen werden. Es war die erste Detektion der fast lichtschnellen Elementarteilchen aus einer Quelle jenseits des Sonnensystems – ein Novum in der Supernova-Forschung.

Die sensationelle Entdeckung der SN 1987A schlägt bis heute Wellen. Dank der geballten Teleskopmacht der Astronomen wurde sie „zu der am besten beobachteten Supernova aller Zeiten“, resümiert Bruno Leibundgut, ein Supernova-Experte der Europäischen Südsternwarte ESO in Garching bei München.

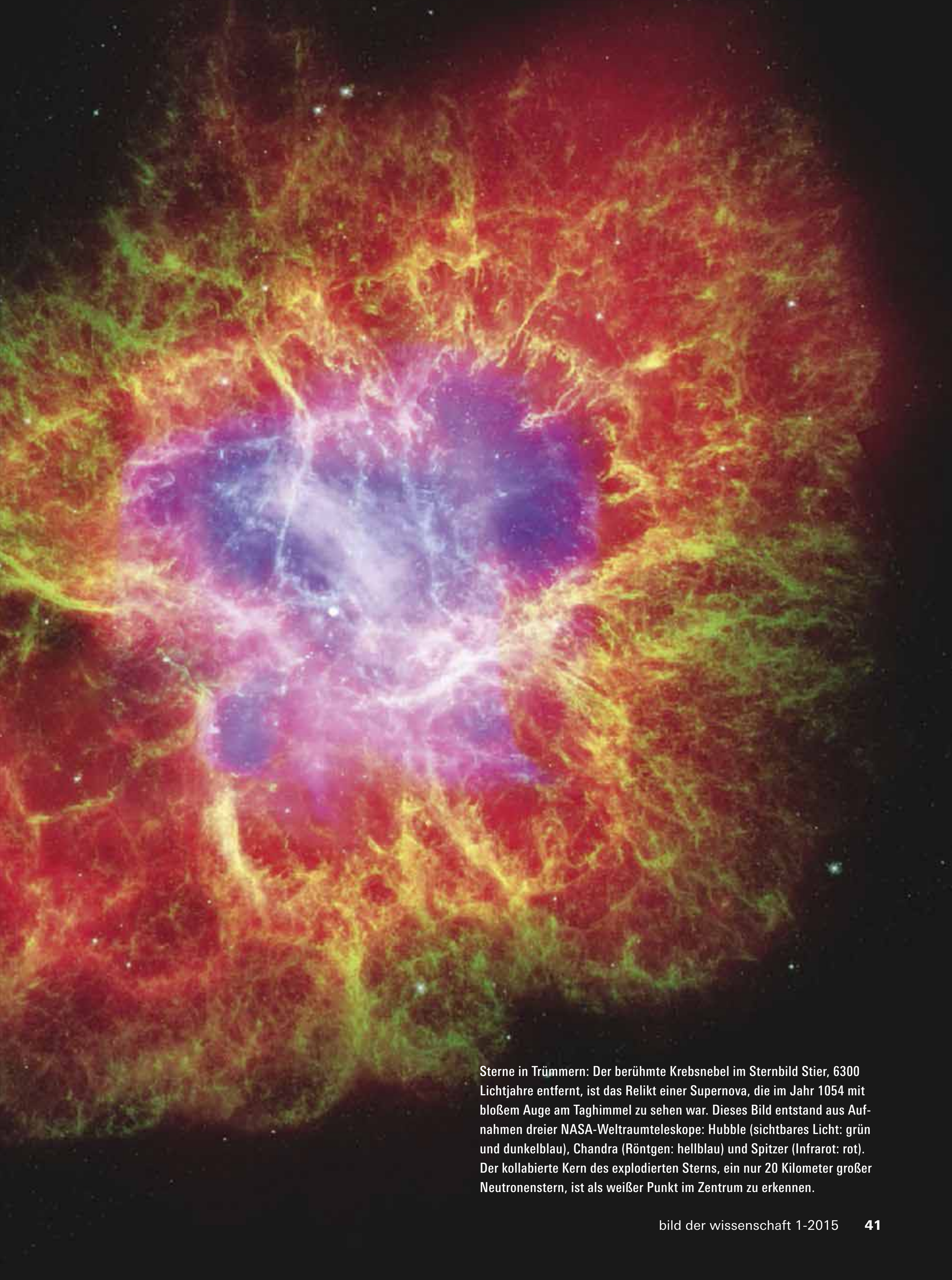
Doch was da heller als eine ganze Galaxie am Himmel aufleuchtet, ist für die Theoretiker unter den Astrophysikern auf der Erde ein schwerer Brocken, an dem sie seit Jahrzehnten kauen. Lange waren ihre Anstrengungen vergebens, die Mechanismen der gewaltigen Sternexplosion im Detail zu verstehen. Doch nun ist es dem Team um Hans-Thomas Janka vom Max-Planck-Institut für Astrophysik in Garching bei München gelungen, erstmals massereiche Sterne erfolgreich als Supernovae zu sprengen – in aufwendigen Computersimulationen.

Kompakt

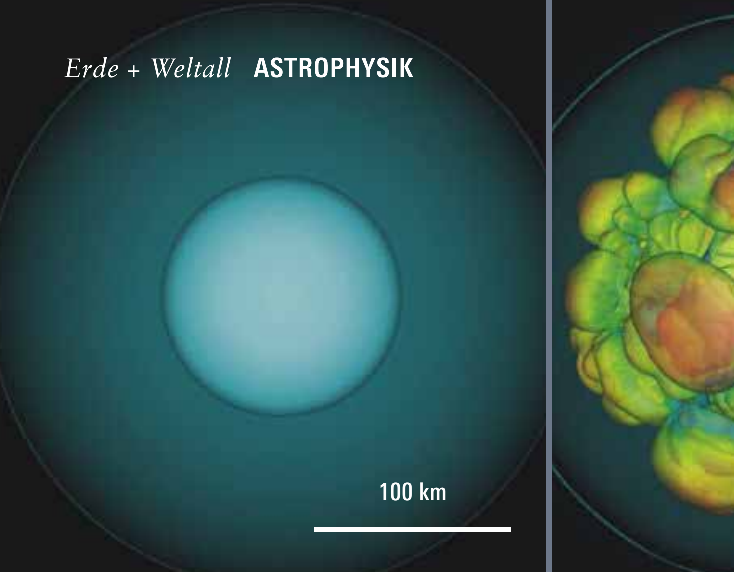
- Neue Computersimulationen zeigen die entscheidende Sekunde des zentralen Zusammenbruchs eines massereichen Sterns.
- Beim Kollaps ausgebrannter Sterne wird eine gigantische Menge von Neutrinos erzeugt.
- Diese Elementarteilchen heizen die nachstürzende Materie auf und erzeugen so die Supernova.



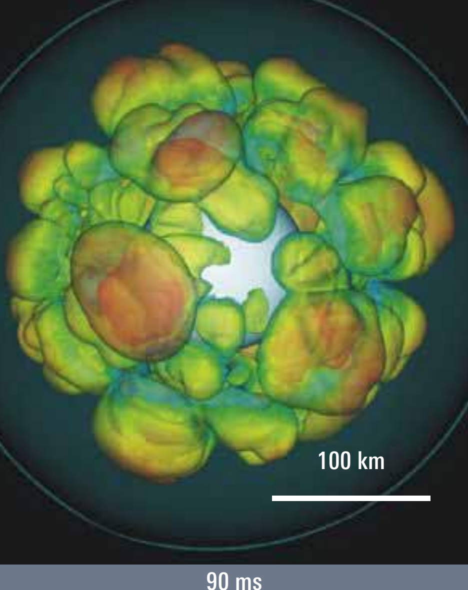
X-Ray: NASA/CXC/J. Hester (ASU); Optical: NASA/ESA/J. Hester & A. Loll (ASU); Infrared: NASA/JPL-Caltech/R. Gehrz (Univ. Minn.)



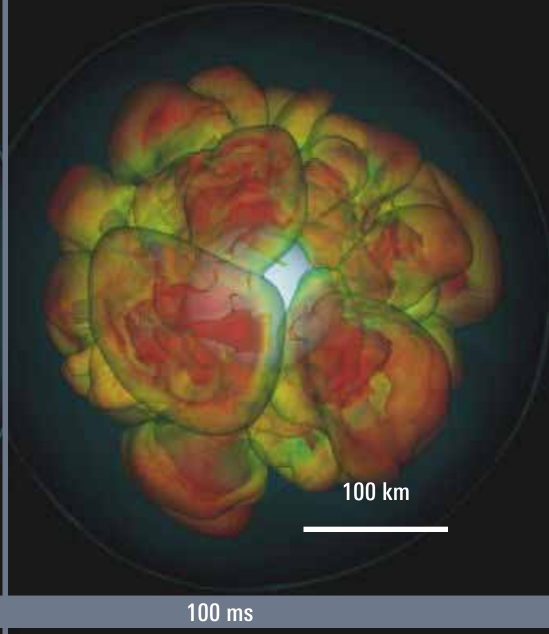
Sterne in Trümmern: Der berühmte Krebsnebel im Sternbild Stier, 6300 Lichtjahre entfernt, ist das Relikt einer Supernova, die im Jahr 1054 mit bloßem Auge am Taghimmel zu sehen war. Dieses Bild entstand aus Aufnahmen dreier NASA-Weltraumteleskope: Hubble (sichtbares Licht: grün und dunkelblau), Chandra (Röntgen: hellblau) und Spitzer (Infrarot: rot). Der kollabierte Kern des explodierten Sterns, ein nur 20 Kilometer großer Neutronenstern, ist als weißer Punkt im Zentrum zu erkennen.



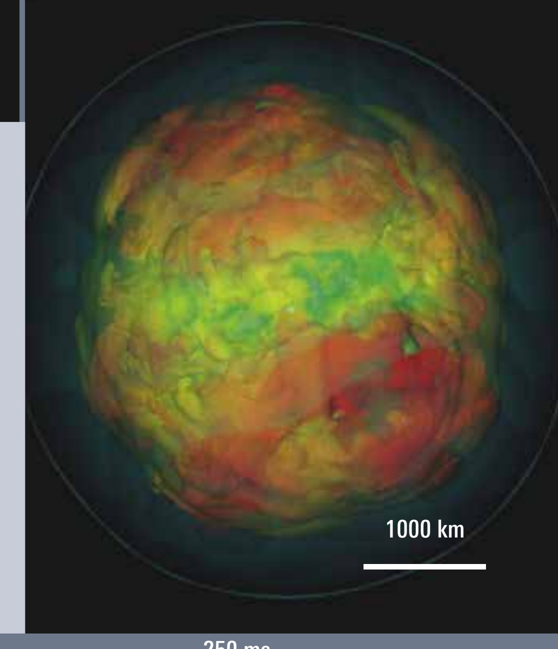
Zeit in Millisekunden (ms): 60



90 ms



100 ms



250 ms

Dreidimensionale Simulation einer Sternexplosion

Seit Jahrzehnten rätseln Astrophysiker, welche Vorgänge sich genau in einer Supernova vom Typ II abspielen – also bei der Explosion eines massereichen Riesensterns. Hauptproblem: Bevor es überhaupt zur Detonation kommt, stürzt der innere Bereich des Sterns zu einem Neutronenstern oder Schwarzen Loch zusammen. Warum reißt dieser Gravitationskollaps nicht alles mit sich? Was also löst die Supernova aus? Erstmals wurde der turbulente Start einer Sternexplosion nun im Detail dreidimensional berechnet. Ausgangspunkt war der Kollaps eines 9,6 Sonnenmassen schweren Riesensterns. Die Bildserie zeigt die Entwicklung der Detonation über einen Zeitraum von 60 bis 400 Millisekunden nach Beginn der Neutronensternbildung. Die zentrale weiße Kugel stellt den Neutronenstern dar, der ungeheure Mengen von Neutrinos abstrahlt. Die Stoßwelle der von ihnen ausgelösten Explosion ist als bläuliche einhüllende Fläche mit fast kreisförmigem Rand dargestellt. Aufsteigende und expandierende Blasen des von den Neutrinos stark erhitzten dichten Plasmas beschleunigen die Stoßwelle der Explosion. Innerhalb weniger Bruchteile einer Sekunde vergrößert sich ihr Durchmesser auf mehr als 12 000 Kilometer.

Simulation: Tobias Melson, MPI für Astrophysik; Visualisierung: Elena Erastova, Rechenzentrum Garching

SN 1987A lieferte dazu den entscheidenden Schub – sowohl an Daten als auch an Motivation. „Damals kam dieses tolle Ereignis zu früh“, meint der Astrophysiker Ewald Müller, der am gleichen Institut wie Janka arbeitet. „Die Neutrinoastronomie steckte seinerzeit noch in den Kinderschuhen.“

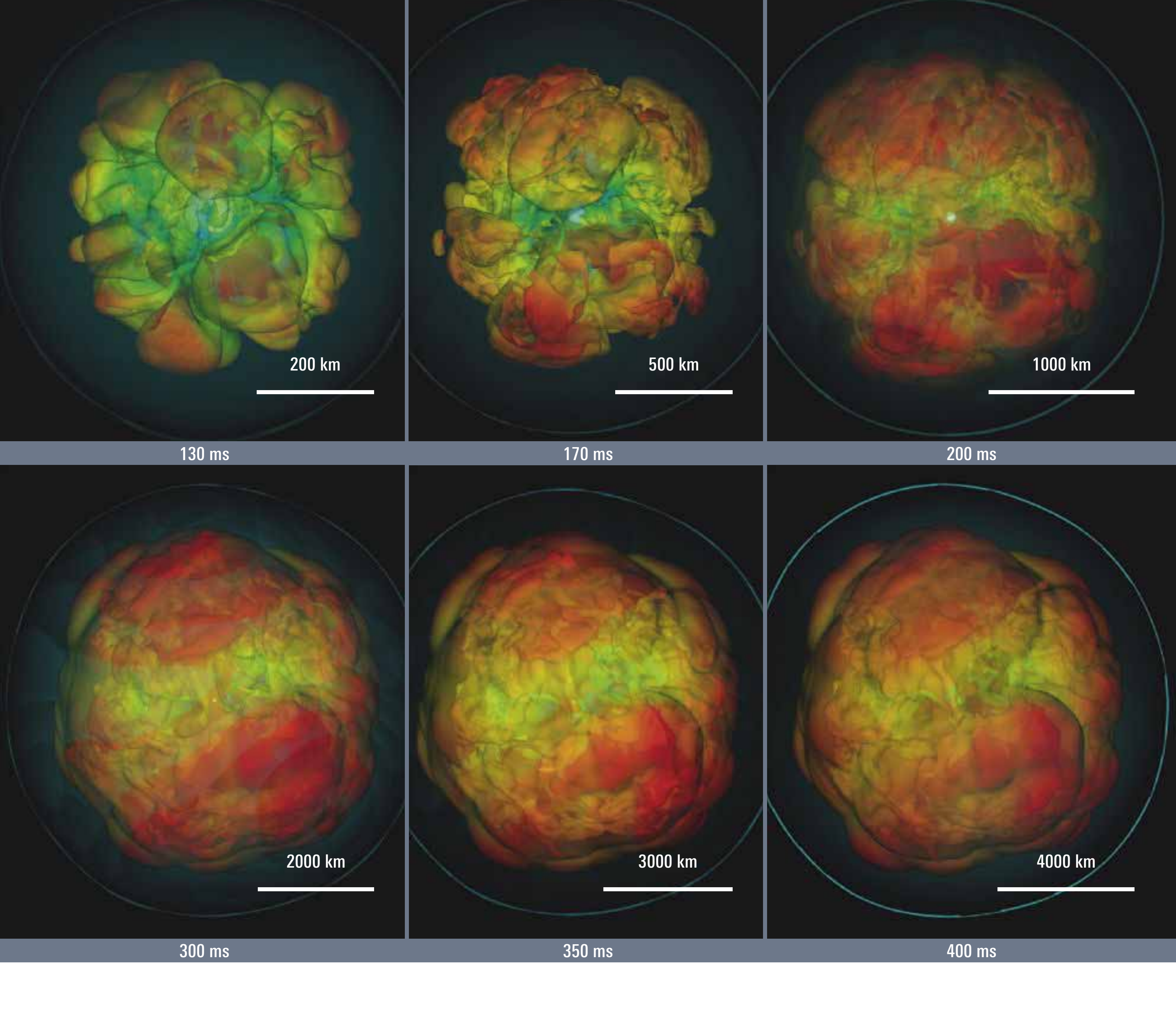
Der Puls der geisterhaften Elementarpartikel lieferte das erste direkte Signal aus den ersten Sekunden einer Supernova, die aus dem Kollaps eines massereichen Sterns entsteht. Das Signal bestätigte, dass sich im Zentrum ein Neutronenstern bildet, wie es die Astronomen Fritz Zwicky und Walter Baade bereits 1934 vorhergesagt hatten. Ein solches bizarres Objekt komprimiert in einem Volumen von 20 Kilometer Durchmesser mehr als die Masse der gesamten Sonne – bei einer Materiedichte, wie sie sonst nur im Inneren von Atomkernen herrscht.

Doch die folgende Expansion der Explosionswolke von SN 1987A verlief ganz anders als erwartet. Bis kurz vor den Zeitpunkt der Implosion haben schwere Sterne der Theorie nach ein recht wohlgeordnetes Innenleben. Forscher vergleichen es gern mit einer Zwiebel. In kugelförmigen Schalen werden bei den Kernfusionsprozessen verschiedene chemische Elemente angereichert.

Im Spätstadium bilden die Himmelskörper einen zentralen Eisenkern, umgeben von Schichten leichterer Elemente wie Sauerstoff und Kohlenstoff – bis hin zum Wasserstoff in der Außenzone. Bei so viel Wohlordnung erwarteten die Sternforscher, dass auch die Explosion von SN 1987A Schicht für Schicht nach dem Muster dieser Zwiebelschalen stattfinden sollte. Das tat sie aber nicht. „Diese Vorstellung wurde grundlegend erschüttert“, sagt Ewald Müller. „Im auseinander fliegenden Stern hatte es offenbar starke Umwälz- und Mischvorgänge gegeben.“

Die Beobachter entdeckten in den äußeren Zonen der Explosionswolke Klumpen von radioaktivem Nickel-56, das bis in die äußere Wasserstoffhülle vorgedrungen war. Die Ursache waren vermutlich starke innere Turbulenzen. „Das ist eine revolutionäre Erkenntnis für die Theoretiker“, kommentiert Janka.

Doch die bahnbrechende Idee von Zwicky und Baade durchzurechnen, erwies sich als steiniger Weg. Das Problem



lag neben der ungenügenden Computerleistung auch an den physikalischen Grundlagen. Denn die bekannten Naturgesetze wurden hier teilweise auf Energien angewandt, die experimentell nicht zugänglich sind. Man könnte auch vom Weg auf einen Berg der Dimensionen sprechen: von einer Dimension über zwei zu den drei bekannten Raumdimensionen.

Der Versuch, eine Sternexplosion in Computersimulationen nachzuvollziehen, schritt also von den einfachsten Modellen mit einer Kugelsymmetrie, über zweidimensionale mit einer Axialsymmetrie bis hin zu dreidimensionalen fort. Erst damit wurden die Modelle realistisch genug. Am Gipfel des Bergs der Erkenntnis sollten sich schließlich die Sterne befinden, die auch im Computer explodierten – nicht nur im All (siehe bild der wissenschaft 10/2007, „Sprengbomben am Himmel“).

Modelle in nur einer Dimension

In den 1950er- und 1960er-Jahren untersuchten die Physiker Geoffrey und Margaret Burbridge, Willy Fowler und Fred Hoyle die Prozesse, die den zentralen Eisenkern eines Präsupernovasterns in die gravitative Instabilität treiben. Sie entdeckten, dass zwei Faktoren den Kollaps auslösen: hohe Dichte und gewaltige Hitze. Bei hohen Temperaturen verdampfen die Eisen-Atome, und es bildet sich eine Suppe von Helium-Atomkernen, freien Protonen und immer mehr Neutronen. Wächst der Eisenkern auf eine Masse von mehr als eineinhalb Sonnenmassen, dann gibt es kein Halten mehr, so berechneten Astrophysiker: Die Widerstandskräfte der Materie können der wachsenden Gravitationskraft nicht mehr standhalten. Die Eisenkugel von rund 3000 Kilometer Durchmesser – ungefähr der Größe des Erdmonds – bricht in Sekundenbruchteilen in sich zusammen. Die Experten sprechen von einem Kernkollaps.

Er vollzieht sich äußerst rasant: Mit bis zu einem Drittel der Lichtgeschwindigkeit stürzen die Massen auf den Mittelpunkt zu und werden erst dann gestoppt, wenn die Dichte der Atomkern-Materie überschritten ist – das entspricht gigantischen 300 Millionen Tonnen im Volumen eines Zuckerwürfels. Und wie bei einer zusammengequetschten Feder, die jäh losgelas-

sen wird, sollte die geballte Implosionsenergie nach außen entweichen und dabei die nachstürzenden Massen in den Weltraum sprengen.

Zu einer Explosion kommt es nicht

Das zeigten auch die ersten – eindimensionalen – Berechnungen: Nach dem Rückprall im Zentrum rasen Druckwellen nach außen. Dann bilden sie eine Stoßfront. Das geschieht dort, wo die einstürzende Materie Überschallgeschwindigkeit erreicht. Die Stoßwelle beginnt sich den Rechnungen zufolge wunschgemäß weiter auszudehnen – doch sie stagniert nach 100 bis 150 Kilometern noch innerhalb des gerade kollabierenden Eisenkerns. Denn die Stoßwelle verliert Energie, weil sie die Atomkerne des Eisens verdampft, und es bleiben nur freie Neutronen und Protonen übrig. Die Bewegungsenergie wird von dem freien Nukleonengas aufgesogen. Daher stagniert die Stoßwelle und schafft es nicht mehr, den Stern zu zerreißen. Zugleich wächst im Zentrum rasch ein Neutronenstern heran – aber eine Explosion findet nicht statt.

„Dieser, wie wir sagen, prompte Explosionsmechanismus funktionierte einfach nicht", meint Janka. „Das war seinerzeit eine große Enttäuschung", sagt auch Müller. „Man darf nicht vergessen, dass wir nur nach einem Ein-Prozent-Effekt suchen: Höchstens ein Prozent der beim Kollaps freiwerdenden Gravitationsenergie wird benötigt, um anschließend die Hülle abzusprengen." Das Ganze geschieht in weniger als einer Sekunde – ein hochdynamischer Prozess und eine Herausforderung für die Präzision von Modellen und Berechnungen. Guter Rat war gefragt: Was konnte die Stoßwelle wieder in Schwung bringen?

Dann hatten Stirling Colgate, Richard White und vor allem James Wilson eine zündende Idee: Neutrinoheizung! Den amerikanischen Physikern zufolge werden die Elementarteilchen während und nach dem Rückprall im sich gerade formierenden Proto-Neutronenstern massenhaft erzeugt. Dadurch verwandelt sich die gravitative Bindungsenergie der einstürzenden Materie in Teilchenstrahlung. Nachdem die Stoßwelle bei etwa 200 Kilometern ausgelaufen und gleichsam zum Stehen gekommen ist, könnten Neutrinos – so die Idee – von unten kräftig nachheizen und die Hülle des Sterns wegschleudern. „Das ist bis heute unser Paradigma", sagt Janka.

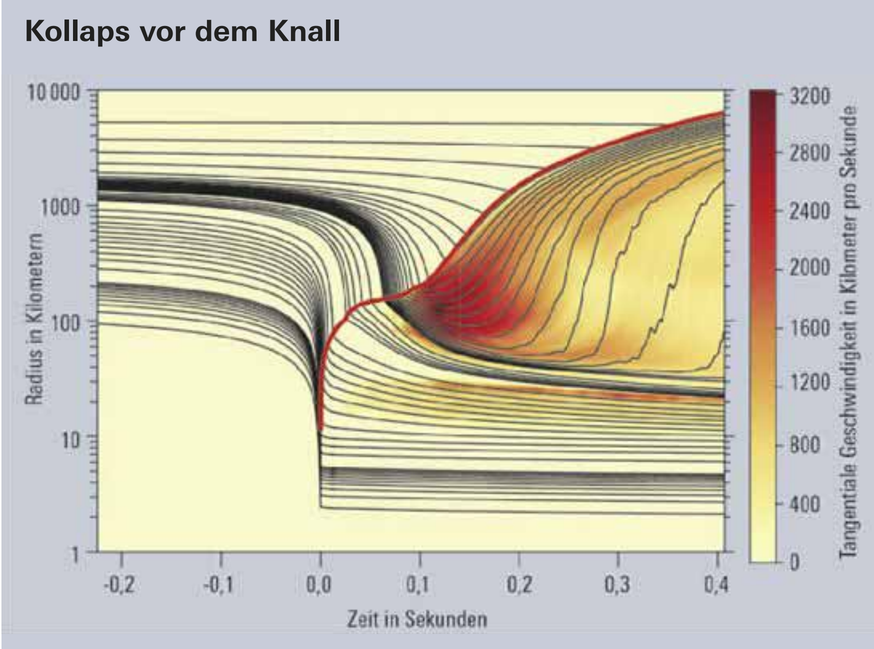
Außerdem sollen Konvektion und hydrodynamische Instabilitäten die Gasschichten während der Kollapsumkehr durcheinander wirbeln. Zugleich heizt sich im Zentrum der Neutronenstern dank seiner kontinuierlichen Kontraktion weiter auf: bis auf unvorstellbare 500 Milliarden Grad Celsius. Bei diesen Temperaturen entstehen Neutrinos in großer Zahl – zunächst noch innerhalb des Baby-Neutronensterns. Von dort diffundieren sie nach außen bis zur Neutrinosphäre. Diese Zone, ab der sich die Teilchen relativ frei in die Umgebung hinein bewegen können, ist analog zur Photosphäre der Sterne, wo die Photonen plötzlich freie Bahn bekommen. Nun können die Neutrinos ihre explosive Wirkung entfalten – bis hin zu der bei 200 Kilometer stagnierenden Stoßfront.

Neutrinos als treibende Kraft

„Rund zehn Prozent dieser Neutrinos sollten von den turbulenten Gasschichten absorbiert werden, die dann von der Neutrinoenergie beschleunigt werden", erläutert Janka. Schon in den 1980er-Jahren hatte James Wilson am Lawrence Livermore Laboratory im Prinzip gezeigt, dass ein ausreichend heftiger Neutrinopuls den Stern explodieren lassen könnte. Diese Notwendigkeit hatte der Physiker in seinen Berechnungen jedoch nur durch spezielle Annahmen erfüllen können. Mit diesem Trick stellte er sicher, dass die Sternexplosionen in seinen eindimensionalen – also sphärischen Modellen – auch funktionierten würden.

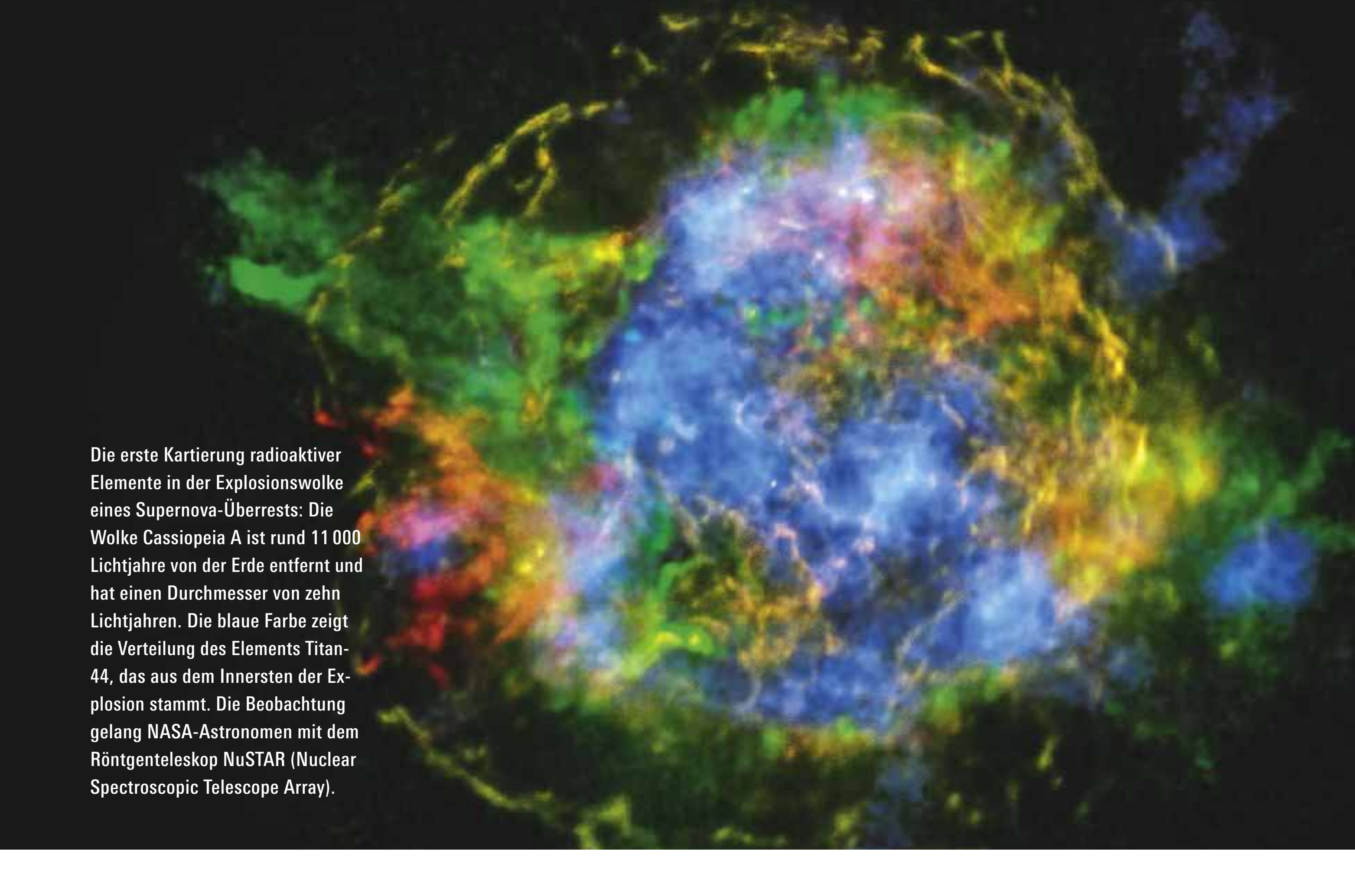
Wilsons numerisches Experiment hatte Erfolg. Es zeigte außerdem, dass die Explosionen um einige Zehntelsekunden später einsetzen als bei einer „prompten Explosion". Fachleute sprechen inzwischen von „Wilsons verzögertem Neutrinoheiz-Mechanismus". Ob dieser tatsächlich der Schlüssel zur Lösung des Rätsels war, blieb damals offen. Klar war nur, dass die eindimensionalen Modelle nicht ausreichten, da sie nur rein kugelsymmetrisch ablaufen und Konvektion sowie Turbulenzen prinzipiell ausschließen.

Kollaps vor dem Knall



Das Radius-Zeit-Diagramm zeigt die zusammenstürzenden Materieschichten im Inneren eines Riesensterns mit 9,6 Sonnenmassen, der zur Supernova wird. Die dicke rote Linie markiert die Stoßfront, die nach außen expandierenden schwarzen Linien (rechts) den Beginn der Sternexplosion. Die kontrahierenden schwarzen Linien im unteren Bereich des Diagramms stellen den entstehenden Neutronenstern dar. Regionen mit starken Turbulenzen der Sternmaterie sind durch intensivere Rotfärbung angedeutet.

Simulation und Grafik: Tobias Melson, MPI für Astrophysik



Die erste Kartierung radioaktiver Elemente in der Explosionswolke eines Supernova-Überrests: Die Wolke Cassiopeia A ist rund 11 000 Lichtjahre von der Erde entfernt und hat einen Durchmesser von zehn Lichtjahren. Die blaue Farbe zeigt die Verteilung des Elements Titan-44, das aus dem Innersten der Explosion stammt. Die Beobachtung gelang NASA-Astronomen mit dem Röntgenteleskop NuSTAR (Nuclear Spectroscopic Telescope Array).

NASA/JPL-Caltech/CXC/SAO

James Wilson hatte die Hoffnungen auf das Neutrinoparadigma gelenkt. Zwei Dinge mussten passieren, um aus der Sackgasse herauszukommen, in die die eindimensionalen Modelle geraten waren: Zum einen brauchte man schnellere Computer. Zum anderen musste man erkennen, dass hydrodynamische Umwälz- und Mischvorgänge eine entscheidende Rolle spielen. Dies war auch eine Lektion, die die Supernova von 1987 den Forschern aufgegeben hatte.

Solche nichtradialen Plasmabewegungen wurden erst in den zweidimensionalen Berechnungen sichtbar. Sie nehmen eine künstliche Rotationssymmetrie um eine Achse an – und Sterne rotieren ja. Zweidimensionale Modelle sind immer noch artifiziell, doch dieser Ansatz war zunächst durch die beschränkte Leistungsfähigkeit der Supercomputer erzwungen. Immerhin erschloss er zumindest in einigen Aspekten eine wirklichkeitsnähere Physik.

Die nachstürzenden Gas- und Materiemassen konnten jetzt in Umwälzbewegungen ausbrechen, die sie etwas länger in der kritischen, gut 100 Kilometer tiefen Zone zwischen Neutrinosphäre und Stoßfront festhielten. „Da geht es um wenige zusätzliche Hunderstelsekunden", erläutert Janka.

In diesen Momenten können mehr Neutrinos mit ihrer Energie die einfallende Materie abbremsen und sogar wieder nach außen treiben. Dabei konkurrieren zwei Phänomene: Einerseits dämpft einstürzende Materie weiterhin alles, was nach außen drängen will. Andererseits heizen die Neutrinos Gasblasen auf, die gegen den „Regen von oben" ankämpfen. Im Erfolgsfall dringt die Stoßwelle in höher liegende Schichten mit Silizium und Sauerstoff vor. Hinter sich her zieht sie eine heiße nuklear brennende Front, in der innerhalb von Sekundenbruchteilen radioaktives Nickel entsteht. Dieses Element wird ins All geschleudert und lässt die Supernova später hell aufleuchten: je nach Entfernung für Tage, Monate oder manchmal auch Jahre.

Licht- und Schattenseiten

Nach einem Jahrzehnt zweidimensionaler Computersimulationen zeigten sich ihre Licht- und Schattenseiten. Rechnerischer Vorteil: Wegen der effektiveren Neutrinoheizung braucht es insgesamt weniger Partikel, um einen schweren Stern zur Explosion zu bringen, als bei den eindimensionalen Modellen. Zudem entdeckten die Theoretiker in der simulierten Materiebewegung eine neue Instabilität der stehenden Stoßfront, die sie SASI nannten (Standing Accretion Shock Instability, übersetzt etwa: Akkretionsstoßinstabilität). Sie verändert drastisch Form und Bewegung der Stoßwelle sowie die Dynamik der Explosion. Vor allem erhöht sie die Verweildauer der Materie in der kritischen Zone. Für die Forscher bot das ungewöhnliche SASI-Phänomen eine Möglichkeit, um der Neutrinoheizung buchstäblich zum Durchbruch zu verhelfen. Tatsächlich sprengten in zahlreichen 2D-Simulationen die Sterne ihre Sternhülle ab.

Doch dieser Erfolg der zweidimensionalen Modellwelt könnte trügerisch sein. Denn wenn ein Stern aus den falschen Gründen explodieren sollte, wäre das Resultat nicht aussagekräftig: Die Turbulenzen, die in dieser Modellierung auftreten, verhalten sich in zwei Raumdimensionen grundsätzlich anders als in der dreidimensionalen Welt. Ihre Energie bewegt sich,

entgegen der Realität, von kleineren zu größeren Wirbeln – ein mathematisches Artefakt der gewählten Näherung.

Sternexplosionen in allen drei Raumdimensionen zu simulieren, ist für die Forscher der Gipfel der Modellierung. 2012 starteten die Garchinger Astrophysiker erste Anläufe. Der immense Rechenaufwand grenzte selbst mit den modernsten Supercomputern an das Zumutbare (siehe Kasten unten „Supernova im Superrechner“). Und das wird wohl so bleiben. „Die heutigen Rechenmöglichkeiten liegen weit hinter den Erfordernissen“, sagt Janka.

Endlich nah an der Realität

Gleichwohl eröffnet die neue Generation der Zahlenfresser die Option, das komplexe Problem endlich weitgehend „realistisch“ zu attackieren und Signale zu berechnen, nach denen Astronomen Ausschau halten können: das Licht verglühender Sterne, Neutrinoblitze, Gravitationswellen, Explosionsenergien und Typologien der Supernova-Überreste. Die ersten Computerläufe in 3D starteten mit wenigen ausgewählten Vorläufersternen. Und die ersten Resultate aus dem Jahr 2013 waren durchaus „gemischt“.

Die Modellsterne entwickelten sich zwar zunächst erfreulich: „Wir konnten die SASI-Schleuderbewegung ausmachen – eine Bestätigung der entsprechenden 2D-Resultate, jetzt aber dreidimensional –, und wir konnten sogar die bis dahin nur spekulative Existenz einer kreisenden Materiebewegung bestätigen“, sagt Thomas Janka. „Für eine Weile – etwa zwei Zehntelsekunden nach dem Rückprall – sah es noch gut aus.“

Doch dann mussten die Forscher feststellen: „Die 3D-Modelle explodieren schlicht nicht“, sagt Janka, „im Gegensatz zu den 2D-Modellen des gleichen Sterns.“ Woran konnte das liegen? Jedenfalls nicht an vernachlässigten Raumdimensionen.

In dieser Situation stellten sich die Theoretiker Grundsatzfragen: Konnten sie den Supercomputern trauen? Stimmte die Physik nicht? Noch während die Forscher ihre Theorien auf Fehlerquellen durchforsteten, kamen ihnen neue Entwicklungen in der Kernphysik zu Hilfe.

Entscheidender Zustand

Als besonders wichtig erwies sich ein Detail des Explosionsmechanismus: die sogenannte Zustandsgleichung. In der kompakten Materie des jungen Neutronensterns regelt sie das Verhältnis von Druck, Dichte und Temperatur. Wie rasch steigt der Druck bei zunehmender Dichte? Wächst er schneller, gilt die Zustandsgleichung den Physikern als „steif“. Steigt der Druck bei zunehmender Kompression nur langsam, gilt sie als „weich“.

Beim Sternkollaps ist das eine zentrale Frage. Denn je mehr Gegendruck der embryonale Neutronenstern der einstürzen-

Supernova im Superrechner

Um zu verstehen, was im Innersten einer Supernova abläuft, simulieren Theoretiker des Max-Planck-Instituts für Astrophysik das Geschehen auf den modernsten Supercomputern. In der Natur dauert der entscheidende Prozess gerade mal eine Sekunde.

Modelle mit zwei Raumdimensionen durchlaufen rund $3 \cdot 10^{18}$ Gleitkommaoperationen (englisch: Flops). Auf einem Prozessorkern („Core“) kann das rund eine Million Rechenstunden in Anspruch nehmen. Im dreidimensionalen Fall steigen diese Werte um mindestens den Faktor 100 auf über $3 \cdot 10^{20}$ Flops und bis zu 100 Millionen Rechenstunden. Dabei fallen mehrere Terabyte an Daten an.

In Europa können die Max-Planck-Forscher ihre Simulationen nur auf wenigen geeigneten Superrechnern laufen lassen. Einer ist der SuperMUC des Garchinger Leibniz-Rechenzentrums, der eine Leistung von 3 Petaflops/Sekunde erreicht – also $3 \cdot 10^{15}$ Flops pro Sekunde. Er hat Rang 12 auf der Weltrangliste. Außerdem nutzen die Forscher den CURIE-Computer in Paris. Zum Vergleich: Der schnellste Computer der Welt steht in China und hat theoretische Spitzenwerte von 34 Petaflops/Sekunde.

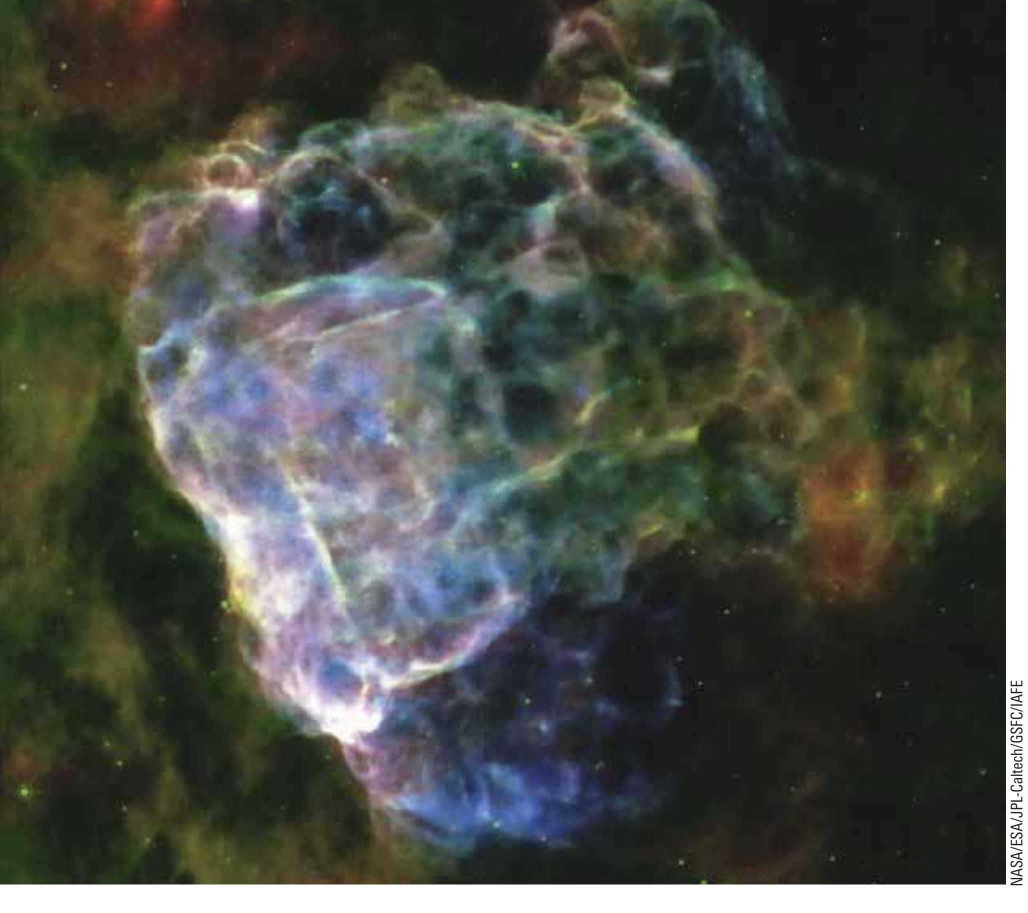
In Garching konnten die Forscher parallel 16 000 Cores von über 155 000 der Anlage nutzen. Darauf nimmt eine Simulation immer noch über vier Monate Rechenzeit in Anspruch. Nun warten die Wissenschaftler auf Computer der nächsten Generation, die sogenannten Exascale-Rechner. Sie werden 1000 Mal so schnell sein.



SuperMUC im Leibniz-Rechenzentrum mit 155 656 Prozessorkernen.

Supercomputer CURIE in Paris mit 77 184 Prozessorkernen.

GENCI/TGCC-CEA; LRZ 2012



NASA/ESA/JPL-Caltech/GSFC/IAFE

Stoßwelle durchs All: Vor 3700 Jahren barst ein 7000 Lichtjahre entfernter Stern im Sternbild „Achterdeck des Schiffs". Heute ist dort der Überrest dieser Supernova zu sehen, Puppis A genannt, sowie die Spur einer rund zehn Lichtjahre weiten Stoßwelle, die durch das interstellare Medium pflügt. Das Bild zeigt warme Staubkörnchen, die im Infraroten leuchten (24 und 70 Mikrometer, dargestellt in grün und rot), aufgenommen vom Spitzer Weltraumteleskop. Außerdem ist Materie zu sehen, die durch die Stoßwelle so erhitzt wurde, dass sie Röntgenstrahlung aussendet (0,3 bis 8 Kiloelektronenvolt, blau gefärbt). Diese Strahlung haben die Satellitenteleskope Chandra und Newton-XMM registriert.

den Materie entgegenstemmen kann, desto größer wird am Ende der Radius des ausgewachsenen Neutronensterns sein. Und umgekehrt: Je weniger Gegendruck sich aufbaut, desto mehr wird das Objekt zusammengepresst, desto kleiner und dichter ist der fertige Neutronenstern.

Als die Garchinger Theoretiker 2013 mit der Simulation dreidimensionaler Modelle begannen, konnten sie von aktuellen Berechnungen bei der Zustandsgleichung für Neutronensterne profitieren. „Es gab neue Daten aus der Kernphysik und astronomischen Beobachtungen", berichtet Janka. „Und die favorisierten eine weiche Zustandsgleichung." Das beeinflusst die Physik des jungen Neutronensterns im Zentrum des Sternkollapses. In den Kollapsrechnungen schrumpft er nun schneller und wird auf ein kleineres Volumen zusammengepresst als in anderen Modellen – mit gerade mal 12 bis 13 Kilometer Radius.

„Ein kleiner Radius wirkt sich auf die Explosion positiv aus", erläutert Janka. Ein Neutronenstern, der stärker kontrahiert, wird deutlich heißer, emittiert mehr und energiereichere Neutrinos." Diese können von der Stoßwelle, die in diesem Zeitpunkt bei rund 150 Kilometer fast stillsteht, besser resorbiert werden. Die Folge: Die Materie hinter der Stoßfront wird heißer und bekommt einen stärkeren Kick, der sie nach außen treibt.

Das allein reicht jedoch nicht aus. Denn auch bei den 3D-Simulationen von 2013 hatten die Garchinger schon von Anfang an die günstigste (weiche) Zustandsgleichung benutzt, die ihnen zur Verfügung stand.

Durchbruch im Computer

Um Erfolg zu haben, wählten die Forscher ein Sternmodell, bei dem bereits vom Aufbau her die Explosion einfacher sein sollte: ein Objekt von 9,6 Sonnenmassen und einer relativ dünnen Hülle. Eine dünnere Hülle lässt sich leichter ins All schleudern als eine dichtere. „Mit diesem Modell glückte uns im Juni 2014 erstmals die Simulation einer dreidimensionalen Sternexplosion", freut sich Janka, „und sie ist deutlich stärker als im zweidimensionalen Fall." Doch er weist auch darauf hin, dass damit das Rätsel noch nicht verstanden sei. „Das Supernova-Problem wird nicht durch eine einzige Simulation gelöst", sagt der Max-Planck-Forscher. „Dazu ist es viel zu komplex. Als nächstes werden wir die erfolgreiche Simulation in mehrere Richtungen ausloten."

So ist für die Astrophysiker wichtig, wie stark im Neutronenstern selbst Materiebewegungen in Form von Konvektion auftreten, denn diese können die Abstrahlung von Neutrinos wesentlich verstärken – was entscheidend sein könnte.

Außerdem hängt von der Zustandsgleichung ab, wie heftig die Neutrinos mit der Materie des jungen, heißen Neutronensterns in Wechselwirkung treten. Die zentrale Frage ist: Wie rasch gelangen sie nach draußen? „Wenn es den Neutrinos gelänge, nur ein bisschen schneller aus dem Neutronenstern zu entweichen, dann könnte das die Explosion im rechten Moment kräftig anschieben", sagt Hans-Thomas Janka.

Doch wenn der Mechanismus einmal geklärt sein sollte, beginnt erst die eigentliche Astrophysik, betont Ewald Müller. „Eigentlich warten jetzt alle auf die nächste Supernova innerhalb der Milchstraße. Denn anders als noch bei SN 1987A sind wir diesmal vorbereitet." ●



REINHARD BREUER war Chefredakteur von Spektrum der Wissenschaft. In bdw 8/2014 berichtete er bereits von den überraschenden Größenmessungen des Protons.

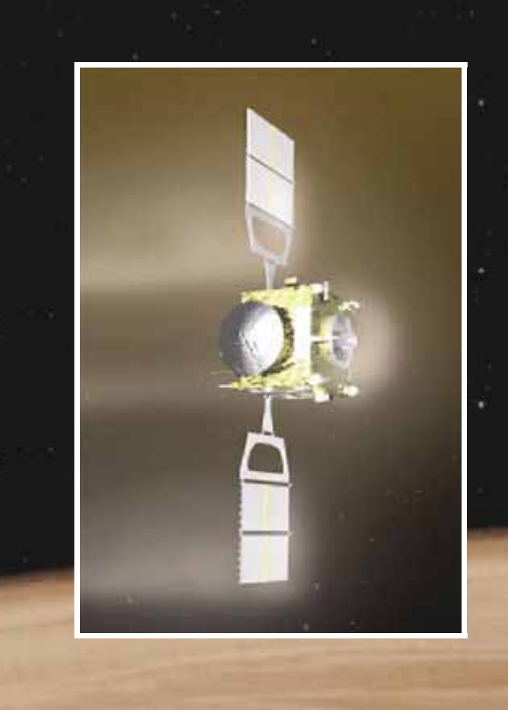
Mehr zum Thema

LESEN

Hans-Thomas Janka
Supernovae und kosmische Gammablitze
Spektrum Akad. Verlag, Heidelberg 2011, € 19,99

INTERNET

Homepage von Hans-Thomas Janka:
www.mpa-garching.mpg.de/~thj



Vulkanausbruch auf der Venus?

Fast neun Jahre lang hat Europas Raumsonde Venus Express Oberfläche und Atmosphäre unseres Nachbarplaneten genau erforscht.

Venus Express ist eine pfiffige Recycling-Mission: Die Raumsonde entstand großteils aus Komponenten, die von den Raumsonden Mars Express (Start 2003) und Rosetta (Start 2004) übrig geblieben waren. In nicht einmal drei Jahren baute das Unternehmen EADS Astrium (heute: Airbus Defence and Space) im Auftrag der Europäischen Weltraumorganisation ESA den Venus-Erkunder zusammen. Mit 220 Millionen Euro Kosten (inklusive Start und Betrieb) kam die ESA recht günstig davon. Eine Neuentwicklung hätte laut ihren Angaben fast das Doppelte gekostet.

Statt der geplanten eineinhalb Jahre hielt der Zweitverwerter sogar fast neun Jahre lang durch. In dieser Zeit hat Venus Express die Atmosphäre unseres Nachbarplaneten detaillierter untersucht als alle vorherigen Sonden zusammen. „Wir haben rund 500 000 Windvektoren gewonnen und daraus die Dynamik der Atmosphäre und der Wolken erforscht“, sagt Wojciech Markiewicz vom Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung in Göttingen. Und dabei tauchten einige Überraschungen auf.

Als besonders faszinierend erwies sich ein polarer Wirbel mit einem Durchmesser von 2000 Kilometern. Die Sonde Mariner 10 hatte ihn bereits 1974 entdeckt. Mit Venus Express fanden die Forscher nun heraus, dass der Wirbel binnen Stunden seine Form verändern kann. Außerdem offenbarten Infrarotaufnahmen, dass im Auge dieses gewaltigen Hurrikans atmosphärische Gase nach unten sinken – ähnlich wie in einer irdischen Badewanne, aus deren Abfluss man den Stöpsel gezogen hat.

Die Ursache dieses Wirbels ist unbekannt. Colin Wilson von der Universität Oxford mutmaßt, dass die atmosphärischen Gase am Äquator von der Sonne aufgeheizt werden, aufsteigen, zu den Polen strömen und dort absinken. „Auf ihrem Weg zu den Polen werden sie durch die Rotation des Planeten seitwärts abgelenkt, was zur wirbelförmigen Bewegung der Wolken führt“, sagt Wilson.

Einblicke in die Höllenwelt

Obwohl die Hauptaufgabe von Venus Express darin bestand, die Atmosphäre detailliert und über einen langen Zeitraum hinweg zu erforschen, kamen die aufregendsten Ergebnisse von der Oberfläche. Im sichtbaren Licht ist sie nicht zu erkennen, sondern verbirgt sich unter der dichten Atmosphäre. Diese besteht zu 96,5 Prozent aus Kohlendioxid und zu 3,5 Prozent aus Stickstoff. Am Boden erreicht sie einen Druck von 90 Atmosphären.

Wie der Deckel auf einem Drucktopf liegt in etwa 70 Kilometer Höhe eine dichte Wolkendecke aus einem Gemisch von Schwefelsäuretröpfchen und Beimengun-

ESA - C. Carreau (2)

Der finale Countdown: Die europäische Raumsonde Venus Express wird zum Jahreswechsel in der dichten Atmosphäre unseres Schwesterplaneten planmäßig verglühen.

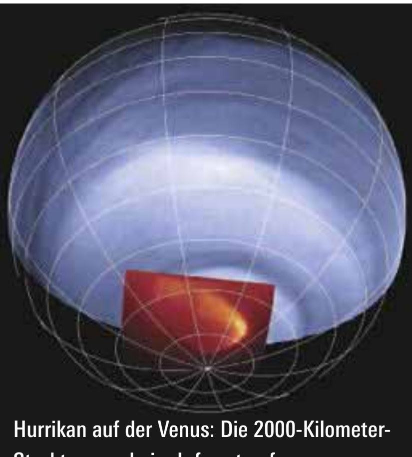
gen von chlor- und phosphorhaltigen Schwebeteilchen. Obwohl diese Decke Dreiviertel des Sonnenlichts ins All reflektiert, reicht der Rest aus, um die Atmosphäre in Bodennähe auf 460 Grad Celsius zu erhitzen. Dahinter steckt der enorme Treibhauseffekt des Kohlendioxids.

Während die Wolkendecke im sichtbaren Licht recht einförmig erscheint, gibt es im Infraroten spektrale „Fenster“, die teilweise den Blick bis auf die Oberfläche freigeben. Der Durchblick gelang mit dem Instrument VIRTIS (Visible and Infrared Thermal Imaging Spectrometer), einer Kamera, die Bilder durch 120 Farbfilter aufnimmt, um auf diese Weise Temperaturen zu messen. Erfolgreich war damit ein Team um Jörn Helbert vom Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt in Berlin-Adlershof.

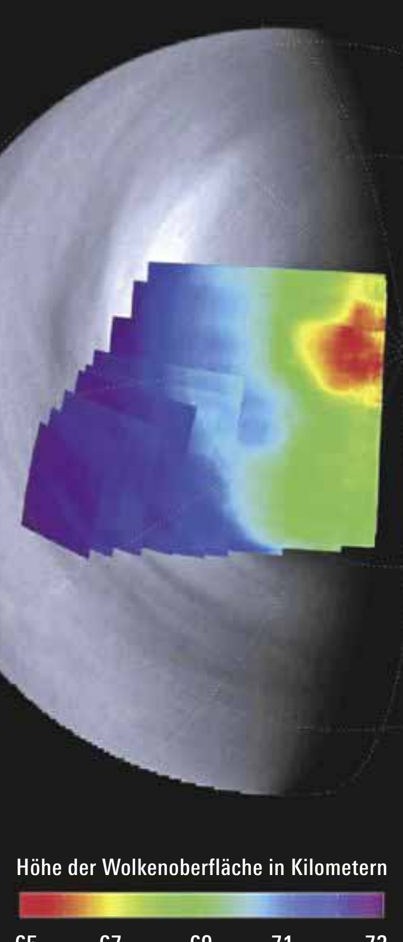
Tag und Nacht gleich heiß

Die Forscher fanden heraus, dass es auf der Venus zwischen Tag und Nacht keinen Temperaturunterschied gibt. Die Hitze ist global in der Atmosphäre gefangen. Aber wie auf der Erde nimmt die Temperatur mit zunehmender Höhe ab. Würde man auf einen Berg steigen, so fiele die Temperatur um 8 Grad pro 1000 Höhenmeter. In 55 Kilometer Höhe würde demnach etwa irdische Zimmertemperatur herrschen. Allerdings ist der höchste Berg des Planeten, Maxwell Montes, „nur“ etwa 10 800 Meter hoch.

Mit einer kleinen Sensation wartete im März dieses Jahres ein Team um Eugene Shalygin und Wojciech Markiewicz auf. Mit verbesserter Software suchten die Forscher alte VIRTIS-Aufnahmen gezielt nach Hot Spots auf der Oberfläche ab. Fündig wurden sie auf Bildern aus dem Jahr 2008. In einer Region namens Ganiki Chasma entdeckten sie eine Oberflächenformation, die am 22. Juni noch die übliche Durchschnittstemperatur besaß, jedoch schon zwei Tage später um etwa 370 Grad Celsius heißer geworden war und



Hurrikan auf der Venus: Die 2000-Kilometer-Struktur wurde im Infrarot aufgenommen (orange), die restliche Atmosphäre im UV.



Hitziger Höllenplanet: Spektralmessungen im sichtbaren und infraroten Bereich der Raumsonde Venus Express haben die Höhe und Temperatur der Wolken in der Venusatmosphäre gemessen (farbig). Sie fanden auch Hinweise auf Vulkanismus (nicht im Bild).

VMC ultraviolet image: ESA/MPS/DLR/IDA VIRTIS; infrared image: ESA/VIRTIS/INAF-IASF/Obs.de Paris-LESIA (2)

nun 830 Grad aufwies. Auf einer dritten Aufnahme vom 13. Oktober zeigte die Stelle wieder ihre vorherige Normaltemperatur. „Wir deuten diesen vorübergehenden Temperaturanstieg als vulkanische Aktivität, bei der Lava ausgetreten ist“, sagt Markiewicz. Das Lavafeld könnte 25 Kilometer groß gewesen sein.

Die Planetenforscher diskutieren schon seit Längerem, ob die Venus heute noch vulkanisch aktiv ist. Ganiki Chasma ist von jungen Rissen durchzogen, wie sie typischerweise an den Flanken großer Vulkane entstehen. Nicht weit von dem Hot Spot entfernt thront zudem der größte Schildvulkan des Planeten: Maat Mons. Dieser Feuerberg ist wohl zuletzt vor 10 bis 20 Millionen Jahren ausgebrochen. Doch vielleicht ist die gesamte Region um Maat Mons noch heute aktiv.

Feuriges Ende

Venus Express wird diese interessante Region künftig nicht mehr in Augenschein nehmen können, denn ihre Tage sind gezählt. Kurz vor Schluss musste sie noch für ein Experiment herhalten. Dabei ging es um ein spezielles Manöver, das Aerobraking („Atmosphärenbremsen“). Damit lässt sich eine Sonde abbremsen, um sie in eine gewünschte tiefere Umlaufbahn zu bringen.

Im Juli verringerten die Flugingenieure im Satellitenkontrollzentrum der ESA in Darmstadt die Höhe der elliptischen Umlaufbahn, sodass sich Venus Express im tiefsten Punkt bis auf 130 Kilometer der Oberfläche näherte und somit in die oberste Atmosphärenschicht eintauchte. In Höhen zwischen 165 und 130 Kilometern nimmt die Dichte der Atmosphäre etwa um das Tausendfache zu. Als Folge davon wurde die Sonde stark abgebremst. Durch die Reibung stieg die Temperatur um mehr als 100 Grad Celsius.

Die ESA-Techniker werten ihr Manöver als gelungenen Test für künftige Missionen. Nach etwa einem Monat hoben sie den Orbit von Venus Express wieder an. Doch nun geht der Treibstoff zur Neige und die Sonde lässt sich nicht mehr steuern. Deshalb wird sie um den Jahreswechsel herum ein letztes Mal in die Venus-Atmosphäre eintauchen, immer tiefer absinken und schließlich verglühen. ●

Was macht eigentlich Astroteilchenphysiker Guido Drexlin?

Der Karlsruher Wissenschaftler Guido Drexlin hat es sich zur Lebensaufgabe gemacht, die Neutrinomasse herauszufinden.

Text von Bernd Müller, Fotos von Karsten Schöne

Hörsaal B im Physikflachbau des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT). Es ist der letzte Tag des Semesters, aber die etwa 15 Studenten, die heute Morgen kurz vor acht Uhr verschlafen auf den harten Klappholzsitzen Platz nehmen, sind noch nicht in Ferienstimmung. Einige halten sich an einem Becher Kaffee fest, doch der Wachmacher des Morgens steht vorne an der Tafel. Guido Drexlin sortiert noch ein paar Präsentationen. Astroteilchenphysik – des Professors Spezial- und Forschungsgebiet – steht wie jeden Donnerstag auf dem Vorlesungsplan.

Punkt acht. Drexlin steht auf, knippst ein Gute-Laune-Lächeln an, und lässt erstmal eine Supernova explodieren. „SN1987a", erfahren die Studenten, habe damals, während ihr Professor gerade promovierte, die moderne Supernova-Forschung begründet und es sogar auf den Titel des Time-Magazins geschafft. Heute weiß die Wissenschaft eine Menge über Supernovae, das wird in den kommenden eineinhalb Stunden klar.

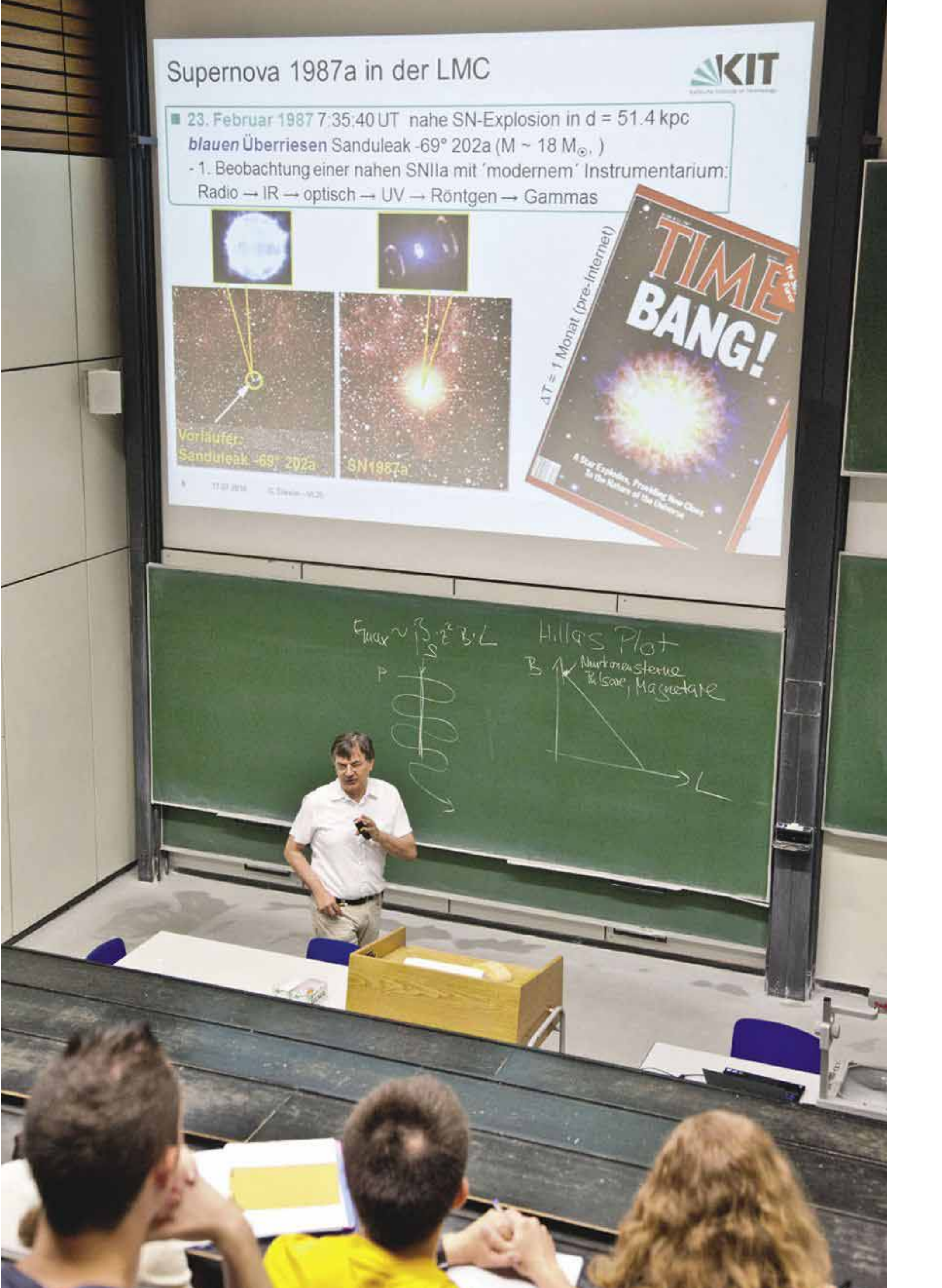
Seit 1987 hat auch die Vermittlung von Physik in Vorlesungen enorme Fortschritte gemacht. Die Zeiten, in denen der ehrwürdige Herr Professor Wichtiges an die Tafel schrieb, sind passé. Heute dominieren bunte Powerpoint-Präsentationen, auch bei Guido Drexlin. Der hat dazu noch die verblüffende Gabe, Vergleiche im täglichen Leben zu finden. Ein paar Kostproben: Die Supernova-Explosion führt er mit dem Feuerwerk beim Finale der Fußball-WM ein, zum Eisenkern des Sterns fallen ihm rote Blutkörperchen mit ihrem sauerstoffbindenden Eisenzentrum ein. Und die Rayleigh-Taylor-Instabilitäten, die zur Massezirkulation zwischen den Schichten der Supernova kurz vor der Explosion führen, erinnert ihn an die wabernde Grenze zwischen der dunkelbraunen Kaffee- und der hellbraunen Milchschicht im Latte Macchiato. Egal, was die Studenten heute Morgen hören: Sie können es sich leicht merken, weil ihr Lehrmeister zu fast allen Fakten eine Eselsbrücke mitliefert. Die schönste: Das Universum ist wie Politik. Die Dunkle Energie hat mit zwei Dritteln Anteil an der Gesamtmasse die absolute Mehrheit. Die sichtbare Masse, aus der auch wir bestehen, ist in diesem Bild die FDP: Sie scheitert mit 4,9 Prozent knapp an der Fünf-Prozent-Hürde.

Ende der Vorlesung. Drexlin bittet für die kommende Woche um einen Nachholtermin für eine Vorlesung, die im Semester ausgefallen war. Trotz der bevorstehenden Ferienzeit hört man kein Murren in den Rängen. Offenbar sind die Physikstudenten sehr strebsam, das straffe Bachelorstudium lässt keine Verschnaufpause.

Wer wird in 25 Jahren hier die Vorlesung in Astroteilchenphysik halten? Vielleicht einer der beiden Studenten, die nach der Vorlesung ihren Dozenten an der Tafel abfangen? Guido Drexlin zückt sein iPhone, das er wie in einem Revolverhalfter am Gürtel trägt, und tippt einen Termin für Oktober ein. Die beiden Studenten seien die besten im Kurs, erklärt er später. Die müsse man sich warm halten, denn auch andere Professoren wollten sich die größten Talente als Nachwuchsforscher sichern. Daher durften die beiden bereits während ihres Bachelorstudiums internationale Forschungsluft an einem Labor in den USA schnuppern. Sie sollen sich in eine Idee für ein Experiment einarbeiten, das viel-



In seiner Astro-Vorlesung (rechts) sucht Guido Drexlin nach Vergleichen aus dem Alltag, um seinen Studenten komplexe Phänomene wie eine Supernova-Explosion verständlich zu machen. Links: Warnleuchten am KATRIN-Experiment.



Supernova 1987a in der LMC
KIT
23. Februar 1987 7:35:40 UT nahe SN-Explosion in d = 51.4 kpc
blauen Überriesen Sanduleak -69° 202a (M ~ 18 M⊙,)
- 1. Beobachtung einer nahen SNIIa mit 'modernem' Instrumentarium:
Radio → IR → optisch → UV → Röntgen → Gammas
Vorläufer: Sanduleak -69° 202a
SN1987a
ΔT = 1 Monat (pre-Internet)
TIME
BANG!
Hillas Plot
Neutronensterne
Pulsare, Magnetare

leicht erst nach der Pensionierung ihres Mentors im Jahr 2023 den Startschuss bekommt – eine Fortsetzung von KATRIN, Guido Drexlins Lebenswerk.

Welche Ziele hat KATRIN?

Bei diesem Experiment messen wir die Ruhemasse des Elektron-Antineutrinos. Dass Neutrinos tatsächlich eine Ruhemasse haben, wissen wir erst seit 1988. Die Neutrinomasse ist eines der großen Rätsel der Physik. Wenn man sie kennen würde, ließen sich viele Fragen der Astrophysik beantworten.

Und wie machen Sie das?

Das Kürzel KATRIN steht für „Karlsruhe Tritium Neutrino Experiment". Beim Beta-Zerfall von Tritium entstehen ein Elektron und ein Elektron-Antineutrino, die sich die Energie des Zerfalls teilen. Da wir das Antineutrino bei KATRIN nicht nachweisen können, messen wir die Energie oder Geschwindigkeit, die ein Elektron beim Zerfall maximal erhält. In diesem extremen Fall, der leider sehr selten ist, wird das Neutrino umgekehrt kaum etwas von der Zerfallsenergie abbekommen. Es ist quasi in Ruhe und trägt nur mit seiner Ruhemasse gemäß Einsteins berühmter Formel $E=mc^2$ zur Energiebilanz bei. Diese Ruhemasse ist winzig, aber KATRIN ist so sensibel, dass wir eine reelle Chance haben, den extrem kleinen Wert zu messen.



Die riesige Experimentieranlage KATRIN ist Drexlins „Baby". Damit soll die Neutrinomasse präzise bestimmt werden – der Schlüssel zu vielen Rätseln der Physik.

Das ist sicher nicht ganz einfach?

Das stimmt. Mit KATRIN stoßen wir an die Grenze des technisch Machbaren. Bei unserem Messprinzip lassen wir die Elektronen aus dem Tritium-Zerfall gegen ein elektrisches Feld nahe an der Zerfallsenergie von Tritium anlaufen. Von den vielen Milliarden Elektronen, die pro Sekunde aus der Quelle strömen, kommt alle paar Minuten nur eines im Detektor an, das uns Aufschluss geben kann über die Neutrinomasse. Um so wenige Elektronen messen zu können, muss der Spektrometertank innen luftleer sein. Unser Tank ist die größte Vakuumkammer der Welt.

Könnte KATRIN scheitern?

Wenn mich das Präsidium des KIT nach den Fortschritten von KATRIN fragt, sage ich immer, dass alles perfekt läuft. Doch das stimmt natürlich nicht, weil beinahe jeden Tag etwas passiert, das so nicht geplant war. Aber ich habe ein Spitzenteam, das für jedes Problem eine Lösung findet. Deshalb gilt für mich der Satz, den die Bodenkontrolle in Houston einst den havarierten Astronauten in Apollo 13 sandte: Scheitern ist keine Option.

Der nächste Termin steht an, eine Teambesprechung. Leider nicht im Physikgebäude des Campus Süd, der ehemaligen Universität, sondern auf dem Campus Nord, wo sich auch das KATRIN-Experiment befindet. Guido Drexlin schwingt sich in seinen roten VW Sharan und fährt flott nach Eggenstein-Leopoldshafen – rund zwölf Kilometer nördlich von Karlsruhe – aufs Gelände des ehe-



Auch das gehört zum Alltag eines Wissenschaftlers: ein Koordinationsmeeting, in dem unter anderem über den Fortgang des KATRIN-Projekts gesprochen wird.

maligen Forschungszentrums. Im Zuge der Exzellenzinitiative der Bundesregierung ist es 2009 mit der Uni zum KIT verschmolzen.Drexlin und viele seine Kollegen, die allesamt forschen und lehren, wie es sich für einen Professor gehört, fahren viele Male pro Woche die Strecke auf eigene Kosten.

Im Besprechungsraum herrscht Anspannung. Alle Teamleiter sind trotz der bevorstehenden Urlaubszeit anwesend, schließlich sind die kommenden Tage heikel für die Mission. Erst letzte Woche fand eine Begutachtung durch die Helmholtz-Gemeinschaft statt, den größten Geldgeber. Das KATRIN-Team hat souverän bestanden. Nun hat sich für die nächste Woche ein Gutachterteam des Department of Energy aus den USA angekündigt. Das US-Energieministerium steuert einen Teil des Budgets von 60 Millionen Euro für KATRIN bei. Das US-Geld steckt vor allem in dem Detektor. Er misst die Elektronen, die die Potenzialhürde im Spektrometer übersprungen haben. Nachdem bereits vor Baubeginn eine erste Begutachtung des wissenschaftlichen Programms und der Örtlichkeiten stattfand, soll nun nach Abschluss der Aufbauarbeiten des Detektors und des Spektrometers die Leistungsfähigkeit dieses wichtigen KATRIN-Teils überprüft werden. Und alle Teamleiter sollen ihre Zeitpläne minutiös bis zum Beginn der Messungen mit dem gesamten Experiment vorstellen.

Guido Drexlin, der Projektleiter und einer der beiden wissenschaftlichen Sprecher von KATRIN ist, leitet die Sitzung, fragt nach, gibt Impulse. Die Teamleiter gehen konzentriert die Agenda für die zwei Tage durch. Schließlich will sich das KATRIN-Team von seiner besten Seite zeigen. Ulf Thiele, der als externer Projektberater von KATRIN das Team vor Ort unterstützt, berichtet von einer vergleichbaren Begutachtung am Beschleunigerlabor im US-amerikanischen Brookhaven, zu der er vom US-Energieministerium eingeladen war. Kein Zuckerschlecken sei das gewesen, meint Thiele. Und die strenge Vorsitzende des dortigen Gutachterteams wird auch das KATRIN-Gutachterteam leiten. Hier und da wird an der Agenda feinjustiert, es soll eine Notfallkette geben. Falls am ersten Tag, wenn es um technische Aspekte des Experiments geht, kniffelige Fragen auftauchen, müssen sich die Teamleiter bereit halten und über Nacht Antworten erarbeiten, die tags darauf den Prüfern vorgetragen werden sollen. Der zweite Tag ist der Finanzplanung und dem Risikomanagement vorbehalten.

Bevor die Sitzung endet, bespricht das Team dringende Arbeiten. Lecks im Helium-Kreislauf müssen behoben werden. Zudem gibt es Lieferschwierigkeiten bei einzelnen Komponenten. Ein häufig wiederkehrendes Thema sind Qualitätsprobleme am Detektor – also ausgerechnet an dem Teil, das aus den USA zugeliefert wird und das Anlass für den Besuch in der folgenden Woche ist. Die sorgfältige Vorbereitung wird belohnt, wie man später hört: Auch diese umfangreiche Begutachtung besteht das KATRIN-Team mit Bravour.

Was kommt nach KATRIN?
Nach KATRIN kommt KATRIN. Ich habe Ideen, wie man das Experiment weiterführen und neue Fragen beantworten kann. Das Tolle ist: Die Fragen werden immer fantastischer.

Welche Fragen sind das?
Neben den leichten Neutrinos gibt es möglicherweise weitere Neutrino-Arten, deren Wechselwirkungen nochmals deutlich schwächer sein sollten als die der bekannten drei Arten. Sie könnten zudem schwerer sein als die sehr leichten Neutrinos. Das ist interessant,

> *Der richtige Mann für kniffelige Fragen*

weil diese Eigenschaften sie zu heißen Kandidaten der mysteriösen Dunklen Materie im Universum machen.

Und das geht mit KATRIN?
Wir denken aktuell darüber nach, wie wir das Experiment für die Suche nach wesentlich schwereren Neutrinos verbessern können. Ideen für interessante Experimente zur Neutrino-Physik am KIT habe ich noch viele – und ich hoffe, dass einige davon Realität werden, wenn ich dann in Pension sein werde.

Wer soll diese Ideen umsetzen?
Das könnten zum Beispiel die beiden Studenten sein, die heute Morgen nach der Vorlesung zu mir kamen. Sie sollen sich in genau dieses Thema einarbeiten. Wenn ich Glück habe, kann ich sie als Doktoranden gewinnen, die das neue Experiment entwickeln. Meine Kollegen in den USA fragen mich immer ganz neidisch, woher ich so hervorragende Doktoranden habe. Die fallen nicht vom Himmel. Man muss sich früh



Ein Grund zum Feiern: Nach der bestandenen Promotionsprüfung in Physik freut sich Johannes Schwarz über seinen Doktorhut. Links dahinter strahlt sein Doktorvater Guido Drexlin, der damit bereits die vierte Doktorprüfung in diesem Semester abgenommen hat.

um die besten Nachwuchswissenschaftler kümmern. KATRIN ist so attraktiv, weil es überschaubar ist und die Wissenschaftler, die das Experiment aufbauen, später auch die Messungen damit machen.

Elfter Stock im Physikgebäude, wieder am Campus Süd. Johannes Schwarz kommt bleich und schweißgebadet aus dem Seminarraum, wo ihn sein Doktorvater Guido Drexlin und weitere Professoren der Hochschule in der Promotionsprüfung in die Mangel genommen haben. „Das lief gar nicht gut", seufzt der Kandidat. Anders als an vielen anderen Unis, wo man seine Promotionsarbeit verteidigen muss, wird in einer Karlsruher Promotionsprüfung der gesamte Physikstoff abgefragt – wenn man Pech hat, sogar der Stoff aus den unteren Semestern, den man vor etwa acht Jahren gelernt hat.

Als sich die Tür zum zweiten Mal öffnet, kommen scherzende Prüfer und ein deutlich besser gelaunter Dr.rer.nat. Schwarz heraus. Nebenan hat die Familie des frischgebackenen Doktors schon Sekt und Kuchen aufgebaut. Zuvor erwartet die Feierrunde noch eine Rede des Doktorvaters. Guido Drexlin spricht über die vorzügliche Arbeit des Schützlings, von der hochverdienten Note 1,0 und vom vierten Stern. Den habe nicht nur die Fußballnationalmannschaft erobert, sondern auch er, weil er in diesen Tagen die vierte Promotionsprüfung in diesem Semester hatte – alle erfolgreich.

Und wieder geht es vom Karlsruher Campus Süd zum Campus Nord. Dort raucht schon der Grill. Die vier frischgebackenen Doktoren haben im Innenhof des Institutsgebäudes zu einer Grillfete geladen. Leider raucht es noch eine ganze Weile, wodurch sich Guido Drexlin zum einzigen Tadel gegen seine Nachwuchskräfte hinreißen lässt: „Sie sind tolle Wissenschaftler, aber das Feuermachen müssen sie noch lernen."

Wie haben Sie damals Ihre Promotion gefeiert?
Da wollten wir auch ein Grillfest machen. Auf die Einladung hatten wir geschrieben: „Aus Anlass unserer Promotion laden wir ein." Doch unsere Prüfer bestanden damals darauf, dass wir alle Einladungen mit dem Zusatz versahen: „Falls wir die Prüfung bestehen."

Sie haben mit Auszeichnung promoviert. Waren Sie der typische angepasste Student?
Von wegen. Ich war in der Schule Klassensprecher, später an der Uni in der Fachschaft und habe dabei immer gegen die vielen Dogmatiker für eine bessere Ausbildung gekämpft. Ich wollte immer meinen eigenen Weg gehen. Daher habe ich auch Physik studiert – und bin nicht Ingenieur geworden, wie mein Vater.

Gab es eine Initialzündung?
Ja, das war das Teleskop, das mir meine Oma zum zwölften Geburtstag geschenkt hat. Aber es gab noch andere Optionen. Ich hatte mich erfolgreich an der Karlsruher Kunstakademie beworben, mein Großvater und dessen Vater waren Zeichenlehrer. Da mein Herz aber an der Physik und den Sternen hängt, habe ich mich doch für die Wissenschaft entschieden. Ein Vorteil meiner Begeisterung für Kunst ist vielleicht, dass ich auch in der Physik oft visuell denke.

Kommen Ihre Kinder nach Ihnen oder Ihrer Frau?
Weder noch. Meine Frau ist Gymnastiklehrerin. Keines unserer drei Kinder hat einen besonderen Draht zu Physik oder Gymnastik. Meine Tochter studiert Tiermedizin, der älteste Sohn ist BWLer. Der Jüngste ist 16, mal sehen, was aus ihm wird. Auf jeden Fall kann er sich schon durchsetzen. An der Schule hat er letzten Sommer ausgehandelt, dass der Unterricht nach dem WM-Finale eine Stunde später beginnt.

2023 müssen Sie in Rente. Was kommt danach?
Wenn es soweit ist, gehe ich vielleicht für weitere Forschungen und Lehrtätigkeiten an eine Uni im sonnigen Kalifornien. Auf jeden Fall werde ich weniger arbeiten als die zwölf Stunden täglich zurzeit.

Im Land der Cowboys und wagenradgroßen Steaks wird Guido Drexlin sicher auch am Grill gefordert sein. Heute müssen die vier Doktoranden den Bratwurstnachschub liefern. Ihr Doktorvater ist nur Mitesser. Und doch ist der Chef stets präsent. Auch jetzt erwarten alle eine Rede von ihm. Auf einer Bierbank sind die vier druckfrischen Abschlussarbeiten ausgelegt, jede an die 300 Seiten stark und garantiert nicht abgeschrieben. Das gilt auch für die von Johannes Schwarz, der in den letzten vier Jahren den zickigen Detektor aus den USA zum Laufen gebracht hat. „Eine der besten Dissertationen der letzten Jahre", urteilte die Prüfungskommission, und Guido Drexlin weist vor den versammelten Kollegen und Familien noch einmal ausdrücklich darauf hin.

> *Plan für die Rente: Lehren in Kalifornien*

Ein großes Grillfest wird auch bei der offiziellen Inbetriebnahme von KATRIN nicht fehlen, die für Mitte 2016 geplant ist. Honoratioren aus Politik und Wissenschaft werden dann auf den obligatorischen roten Knopf drücken und von einem Meilenstein der Forschung sprechen. Mit etwas Glück, meint Guido Drexlin, werde man bereits einige Monate danach ein erstes Resultat für die Neutrinomasse präsentieren können: „Mein Geheimtipp für die Neutrinomasse ist 278 Millielektronenvolt", sagt Drexlin, „aber das ist nur so ein Gefühl, vielleicht liege ich auch komplett daneben."




BERND MÜLLER (links) hat Physik studiert, bevor er Journalist wurde. In der Vorlesung von Guido Drexlin packte ihn erneut die Lust an seinem Lieblingsfach. Der Fotograf KARSTEN SCHÖNE begleitete Drexlin zwei Tage mit der Kamera.

Mehr zum Thema

INTERNET

Homepage von Guido Drexlin am KIT:
neutrino.ikp.kit.edu/personal/drexlin/Home

Projekt-Website des Neutrinoexperiments KATRIN:
www.katrin.kit.edu



IMPRESSUM

GRÜNDUNGSHERAUSGEBER
Prof. Dr. Heinz Haber †

HERAUSGEBERIN
Katja Kohlhammer

VERLAG
Konradin Medien GmbH, Ernst-Mey-Straße 8,
70771 Leinfelden-Echterdingen, Germany

GESCHÄFTSFÜHRER
Peter Dilger

CHEFREDAKTEUR
Wolfgang Hess

REDAKTION
Stellvertretender Chefredakteur: Thorwald Ewe, Phone +49 711 7594–358
Textchefin: Dr. Uta Altmann, Phone +49 711 7594–303
Bildredaktion: Susanne Söhling-Lohnert, Ruth Rehbock, Phone +49 711 7594–379
Assistenz: Maren Hövelmann, Phone +49 711 7594–392,
Ulrike Matzke, Phone +49 7117594–5855, Fax +49 711 7594–5835
E-Mail: wissenschaft@konradin.de
Layout: Beate Böttner, Anja Carolin Graf

TEXTREDAKTION
Dr. Uta Altmann (Geowissenschaften, Bücher), Phone +49 711 7594–303
Ralf Butscher (Technik, Neue Medien, Klima), Phone +49 711 7594–344
Thorwald Ewe (Anthropologie, Chemie, Umwelttechnik), Phone +49 711 7594–358
Claudia C. Wolf (Medizin, Biologie, Neurowissenschaften), Phone +49 711 7594–383
Karin Schlott (Archäologie), Phone +49 711 7594–313
Rüdiger Vaas (Astronomie, Physik), Phone +49 711 7594–362
Cornelia Varwig (Sozialwissenschaften, Psychologie), Phone +49 711 7594–318
Henrike Wiemker (Praktikantin), Phone +49 711 7594–406

FREIE MITARBEIT
Hans Groth (bdwNachrichten)
Désirée Karge (Korrespondentin USA)
Grafikbüro Karl Marx (Visuelle Gestaltung/Infografik)
Stefanie Wiese (Bildredaktion)
Thomas Willke (Korrespondent Norddeutschland)

ANZEIGEN
Mediaberatung: Petra Sonnenfroh-Kost: Phone +49 711 7594–306, Fax –1306,
E-Mail: petra.sonnenfroh-kost@konradin.de
Externer Verlagsrepräsentant Anzeigen/Media:
MMC:Medien-Marketing-Consulting e.K., Karl-Heinz Wimmer
Johann-Sebastian-Bach-Str. 25; 67126 Hochdorf-Assenheim
Phone +49 6231 7750, Fax +49 6231 7725, E-Mail: khwimmer@t-online.de
Auftragsmanagement: Melanie Strauß: Phone +49 711 7594–403, Fax –1403,
E-Mail: melanie.strauss@konradin.de
Zurzeit gilt Anzeigenpreisliste Nr. 43 vom 1.1.2015

LESERSERVICE
Abonnementbetreuung, Probehefte, Einzelverkauf, Adressänderungen:
Leserservice bild der wissenschaft, Postfach 810580, 70522 Stuttgart
Phone: +49 711 7252–201, Fax: +49 711 7252–399
E-Mail: bdw@zenit-presse.de

VERTRIEB
Anja Füller, Phone +49 711 7594–485

PRESSEVERTRIEB HANDEL
PARTNER Medienservices GmbH
E-Mail: seiler@partner-medienservices.de, Fax: +49 711 7252–320

BEZUGSPREISE
Jahresabonnement (12 Hefte): Inland € 86,40 (monatlich € 7,20),
Ausland € 96,00 Schweiz CHF 166,20. Jahresabonnement für Schüler und Studenten gegen Nachweis: Inland € 73,20, Ausland € 84,00, Schweiz CHF 136,80.
Alle Preise inkl. Versandkosten und MwSt.
Einzelhandelspreis: Inland € 8,20, Österreich € 8,20,
übrige Euro-Länder € 8,90, Schweiz CHF 14,50.
Kündigungen von Abonnements sind dem Leserservice bdw, Postfach 810580, 70522 Stuttgart schriftlich mitzuteilen. Bei Nichterscheinen aus technischen Gründen oder höherer Gewalt entsteht kein Anspruch auf Ersatz.

DRUCK
Konradin Druck, Leinfelden-Echterdingen
Printed in Germany

Sternenpark in Brandenburg

Weil die natürliche Nacht durch die künstliche Beleuchtung zu verschwinden droht, wurden die letzten dunklen Flecken der Welt zu „Dark Sky"-Reservaten erklärt. Eines liegt nur eine Autostunde vom hell erleuchteten Berlin entfernt.

Text von Agnes Fazekas

Kompakt

- Durch die Lichtverschmutzung sind selbst von manchen Sternwarten lichtschwache Sterne nicht mehr sichtbar.
- In Mecklenburg-Vorpommern ist das anders. Der Naturpark Westhavelland ist Deutschlands erstes „Dark Sky Reserve".
- Auch in der Eifel könnte es bald einen solchen Sternenpark geben.

Es war im April 2011, als sich Andreas Hänel, Leiter des Planetariums von Osnabrück, wieder einmal auf den Weg machte. Sein Ziel: die Finsternis. Dafür hatte er eine Software auf das Navi seines Autos gespielt, die von Satellitenbildern gespeist wird. Sie sucht nicht die schnellsten Strecken, sondern die dunkelsten.

Das Programm führte ihn in den Nordosten der Republik. An seinem Fenster zogen Wiesen vorbei, Seen, Dörfchen mit Klinkerbauten und Storchennestern auf den Kirchtürmen. Gegen Mitternacht parkte er am Straßenrand und hielt ein schwarzes Kästchen gen Himmel, etwas dicker als ein Smartphone. Damit maß er die Qualität des Nachthimmels. Sein Sky Quality Meter spuckte einen sensationellen Wert aus: 21,8 Magnitude pro Quadratbogensekunde (mag/arcsec^2), wobei „mag" die scheinbare Helligkeit eines Gestirns bezeichnet.

Die astronomische Einheit beschreibt die Dunkelheit einer Fläche. Je höher der Wert, desto finsterer die Nacht. Ab 21,7 mag/arcsec^2 spricht man von einem natürlichen Himmelshintergrund: Die Milchstraße sollte dann bis zum Horizont sichtbar sein, die Wolken erscheinen schwarz. Im stark illuminierten Himmel von Berlin dagegen misst man vielleicht noch 18,4 mag/arcsec^2. Der Unterschied ist wörtlich der von Tag und Nacht.

Hänel hatte ein Stück Himmel gefunden, wo es nachts so dunkel ist wie vor 100 Jahren, in dem die Sterne fast so berauschend funkeln wie in der Namib-Wüste. Und das ausgerechnet in Brandenburg, nur 70 Kilometer westlich von der Metropole Berlin.

Freie Sicht auf die Milchstraße

Als Galileo Galilei vor gut 400 Jahren entdeckte, dass die Milchstraße sich aus unzähligen Sternen zusammensetzt, war der helle Pinselstrich am Firmament ein Phänomen, das zum Nachthimmel gehörte wie der Mond. Heute ist der Blick auf unsere Galaxis zum Privileg geworden: Nur noch ein Prozent der Weltbevölkerung hat freie Sicht auf die Milchstraße. Laut einer Emnid-Umfrage haben 40 Prozent der unter 30-jährigen Deutschen sie noch nie in natura gesehen. Über den meisten besiedelten Orten wölbt sich ein schmutziggelber Schild aus Licht. Die Industriegesellschaft hat nicht nur die Geisterstunde ausgeknipst, sondern in weiten Teilen der Welt auch den Sternenhimmel.

Auf dem Weg vom Feuer zur Glühlampe hat sich eine Gleichung in der menschlichen Psyche eingebrannt: Licht = Sicherheit + Wohlstand + Fortschritt. Nacht für Nacht strahlt das Kunstlicht von der Erde in den Himmel – jedes Jahr etwa sechs Prozent mehr – und wird von Staub und Molekülen weit oben in der Atmosphäre gestreut. Schon eine Stadt mit 30 000 Einwohnern hellt den Himmel in einem Umkreis von 25 Kilometern auf.

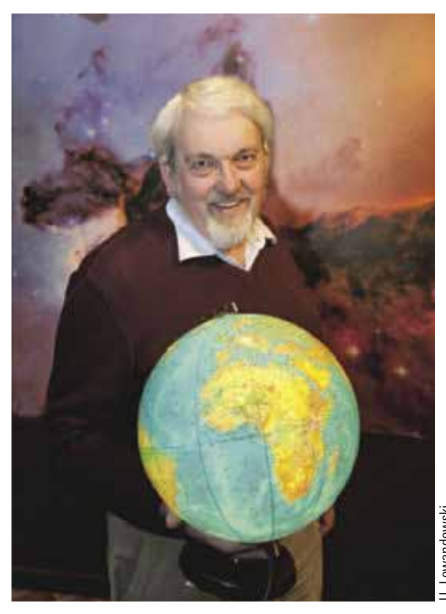
In Großstädten wie Berlin soll in den vergangenen 150 Jahren die Helligkeit in klaren Nächten um das Zehnfache, in wolkigen Nächten sogar um das Tausendfache gestiegen sein. Wer hier in den Nachthimmel blickt, erkennt mit Glück ein paar Dutzend Sterne – statt der etwa 3000, die mit bloßem Auge idealerweise sichtbar sein sollten.

H. Schnieder (3)

In der „Blauen Stunde" erhellt die Sonne den Nachthimmel über dem Westhavelland gleichsam von unten. Trotzdem ist die Milchstraße bei langer Belichtungszeit gut zu erkennen. Die gelbe Lichtkuppel links am Horizont stammt von Berlin, das Streulicht rechts von einer Fabrik.

Der 24-Stunden-Tag macht unserem Biorhythmus zu schaffen und verstört Tiere und Pflanzen. Seit einigen Jahren kämpfen deswegen Astronomen, Biologen und Mediziner weltweit gegen die Schattenseite des Lichts (bild der wissenschaft 4/2001, „Mehr sehen mit weniger Licht“). Sie plädieren für eine sinnvollere Beleuchtung – und für die Bewahrung der Nacht, wo sie noch nicht von künstlichem Schein erhellt ist.

Dafür hat die International Dark Sky Association (IDA) Sternenschutzparks definiert: 24 gibt es bisher. Sie liegen erwartungsgemäß in den Weiten Amerikas, Neuseelands, Australiens und in schwach besiedelten Regionen Europas wie der ungarischen Puszta – sowie neuerdings auch in Deutschland.



U. Lewandowski

Andreas Hänel, Leiter des Planetariums Osnabrück, hat im Westhavelland einen Nachthimmel gemessen, der so dunkel ist wie vor 100 Jahren.

Auf der Suche nach dem Großen Wagen

Das Zertifikat „Dark Sky Reserve, Kategorie Silber“, ausgestellt von den Amerikanern der IDA, hängt bei Jordis Hammer in der Küche. Seit Kurzem steht in ihrem Garten ein Profi-Teleskop. Ihr gehört das einzige Gästehaus in Gülpe, einem 160-Seelennest am Rand des Naturparks Westhavelland. Lange war er nur Vogelfreunden ein Begriff: als größtes europäisches Rast- und Brutgebiet für Watt- und Wasservögel im Binnenland. „Anderswo finde ich immer gleich den Großen Wagen“, sagt Jordis Hammer: „Bei uns muss man nach ihm suchen, zwischen all den anderen Sternen.“

Um als Dark Sky Reserve anerkannt zu werden, wurde im Westhavelland eine völlig dunkle Kernzone bestimmt, das Naturschutzgebiet, und eine Pufferzone aus den umliegenden Gemeinden, die Auflagen bekommen haben. So müssen alle künftig angebrachten Lampen gewisse Anforderungen erfüllen. Empfohlen wird warmes LED-Licht, dass nach oben abgeschirmt ist. „Ein Lernprozess, der gerade begonnen hat“, kommentiert Andreas Hänel. „Alles auf einmal umzurüsten ist illusorisch, aber die normgerechte Straßenbeleuchtung ist nicht teurer, im Gegenteil. Vielleicht müssen die Laternen näher beieinander stehen, dafür ist das Licht gerichtet und benötigt weniger Energie.“

Gegenargumente kamen nur von Bauern, die sich sorgten, dass sie ihre Feldarbeit bei Nacht nicht mehr ausführen dürfen. Erst Vögel und jetzt Sterne schützen? Aber die Bauern ließen sich beruhigen. Die paar Mal im Jahr, in denen sie ihre Äcker ausleuchten, bleiben im Rahmen der Auflagen der Dark Sky Association.

Das erste Astro-Treffen von Gülpe hatte Planetariumsleiter Hänel 2011 in einem Internetforum für Hobby-Astronomen beworben. Jordis Hammer erinnert sich noch gut daran, wie sieben Sternengucker aus Osnabrück anreisten und die ersten zwei Tage missgelaunt auf dem Sportplatz saßen. Der Himmel war bewölkt, die Männer lästerten über die ostdeutsche Einöde – und gingen früh ins Bett.

Aber in der nächsten Nacht riss die Wolkendecke plötzlich auf. Beim Frühstück schwärmten die Sieben von Gasnebeln, dem Zentrum der Milchstraße, Kugelsternhaufen, den Überresten einer Supernova, wahrnehmbar als feiner Nebel

Sternenparks – Kriterien und Nutzen

Die Auszeichnung „Dark Sky Park“ wird von der International Dark Sky Association (IDA) weltweit an Nationalparks und andere öffentliche Parks verliehen, die sich besonders für astronomische Beobachtungen eignen. Dabei muss die Beobachtungsqualität besser als 6 auf der sogenannten Bortle-Skala sein. Sie reicht von 1 (hervorragende Bedingungen) bis 9 (praktisch keinerlei Sterne mehr sichtbar). Erwartet werden außerdem die Vollabschirmung aller Lampen mit einem Lichtstrom von über 1000 Lumen, die Erstellung eines umweltfreundlichen Beleuchtungsplans sowie die Unterstützung des Projekts durch die Parkverwaltung. Auch Beleuchtungsmusterprojekte, Kooperationen mit Hochschulen und Bildungseinrichtungen sowie ein permanentes Messprogramm der Lichtverschmutzung sind wichtig für einen erfolgreichen Antrag.

Die jüngste und strengste Zertifizierung ist die zum „International Dark Sky Reserve“. Sie wurde 2008 erstmals an Mont Mégantic bei Quebec in Kanada verliehen, und 2014 nun auch dem Naturpark Westhavelland. Infrage kommen große periphere Landflächen in öffentlichem oder privatem Besitz mit sternklarem Nachthimmel und einer besonderen Nachtlandschaft, die unter Schutz gestellt werden – sei es zu wissenschaftlichen, natürlichen, kulturellen Zwecken oder zur öffentlichen Erholung. Im Gegensatz zum Dark Sky Park besteht ein Dark Sky Reserve aus einer dunklen Kernzone, die Schutzgebietsstatus hat und wo die Mindestanforderungen erfüllt sind. Umgeben wird die Kernzone von einer Pufferzone, die mindestens 700 Quadratkilometer groß ist, was einem Radius von 15 Kilometern entspricht. Die Kooperation aller betroffenen Gemeinden und anderer Akteure ist notwendig, um den Himmel eines Dark Sky Reserve zu schützen.

Der dunkle Himmel macht die Region besonders attraktiv. Durch die Auszeichnung ergeben sich für strukturschwache Regionen wie das Westhavelland Vorteile für den Tourismus – zum Beispiel die Erschließung neuer Zielgruppen und die Verlängerung der Saison, weil sich der Herbst- und Winterhimmel zur Sternbeobachtung sehr gut eignet. Außerdem erhoffen sich die IDA und der Sternenpark Westhavelland durch die Nähe zu Berlin, dass viele Stadtbewohner von den dunklen Nächte angezogen werden. Darüber hinaus wollen sie Problembewusstsein für die weltweite Lichtverschmutzung wecken und vermitteln, wie faszinierend der Sternenhimmel ist.



Die Strichspur stammt von der Internationalen Raumstation ISS. Während der 30 Sekunden Belichtungszeit hat sie sich 210 Kilometer durchs All bewegt.



Das Sternenreservat Westhavelland gehört neben Sternenparks in Rhön, Eifel und Schwäbischer Alb zu den dunkelsten Gegenden Deutschlands.

zwischen Sternen – und einem Kometen, dem sie mit dem Fernglas auf seinem Flug durch die Nacht gefolgt waren.

Himmlisches Spektakel

Wer auf der kleinen Havel-Brücke von Gülpe im Frühjahr in die Abenddämmerung blickt oder im Herbst auf den Sonnenaufgang wartet, kann sogar das Zodiakallicht erkennen – ein sehr zartes Leuchten, das sich pyramidenförmig über den ganzen Himmel erstreckt. Es entsteht durch Reflexion und Streuung des Sonnenlichts an der Gas- und Staubwolke, die die Sonne umgibt. „Ein besonders klares Kriterium für einen guten Himmel“, sagt Hänel.

Wenn keine Straßenlampen, Leuchtreklamen und Flutlichtanlagen stören, nimmt man wahr, dass die Natur ihre eigene extravagante Lichtschau zu bieten hat. Neben der Milchstraße, die besonders im Herbst den Himmel stark aufhellt, kann man in sehr dünn besiedelten Regionen den sogenannten Airglow erkennen: von der Sonne aufgeladene Gasteilchen in höheren Atmosphärenschichten. Astronauten nehmen dieses Phänomen als leuchtende Ringe wahr, die zwischen 90 bis 500 Kilometer hoch über der Erdoberfläche wabern. Von der Erde aus sieht man auf Digitalfotos einen schwachen grünlichen Schimmer – ähnlich wie das Polarlicht, nur viel dezenter. Auch dieses wurde in Gülpe übrigens schon gesichtet.

Doch dass Gülpe der dunkelste Ort Deutschlands sei, wie viele Medien titelten, stimmt nicht, sagt Hänel. Man war hier nur am schnellsten dabei, von dem Alleinstellungsmerkmal touristisch zu profitieren. „Gerade in Mecklenburg-Vorpommern gibt es sicher noch ähnlich dunkle Regionen.“ Auch die Eifel bewirbt sich gerade für das Zertifikat der IDA. Und Rhön sowie Schwäbische Alb sind dabei nachzuziehen.

Wer in einer lauen Augustnacht in den Himmel über Gülpe blickt, versteht, wieso Hänel nie ein Teleskop dabei hat, und selten ein Fernglas, wenn er auf Sternensafari geht. „Ich lasse die Weite auf mich wirken, und dann fahre ich glücklich wieder heim“, sagt der Planetariumsleiter. Die flackernden Pünktchen und ruhig strahlenden Scheibchen – weit entfernte Sterne und die Planeten unseres Sonnensystems – wirken wie Strasssteine auf übereinander schwebenden schwarzen Seidentüchern. Jede Schicht liegt ein paar Lichtjahre weiter entfernt.

Dieser staubige Streifen, der wie ein Feenschleier das Firmament teilt – das ist die Milchstraße. Zwei dumpfe graugelbe Flecken tief am Horizont bringen den Betrachter zurück zur Erde: im Westen Berlin und im Osten eine flutlichtbestrahlte Zellstofffabrik.



AGNES FAZEKAS ist vom Nachthimmel über Gülpe tief beeindruckt. So viele Sterne hatte die Ethnologin und freie Journalistin das letzte Mal in Kenia auf dem Land gesehen.

Gut zu wissen: Auswirkungen der Lichtverschmutzung

Die Folgen der taghellen Nacht auf Mensch und Tier sind noch nicht völlig erforscht. Doch viele Effekte sind dokumentiert:

- Pflanzen werden in ihrem Wachstumszyklus beeinflusst. Laubbäume in der Nähe von Straßenlampen verlieren ihre Blätter verspätet, wodurch es zu Frostschäden kommen kann.
- Die verbreiteten weißen Lichtquellen mit hohem Blauanteil sind für Zugvögel ein erhebliches Problem bei der Navigation. Sie lassen sich von Lichtquellen fesseln bis zur Erschöpfung, finden ihre Brutplätze nicht mehr oder kollidieren mit erleuchteten Bauwerken.
- In einer Sommernacht sterben an jeder Straßenlaterne rund 150 Insekten. Dadurch werden Mücken, Motten und Nachtfalter aus dem Ökosystem und somit der Nahrungskette gezogen.
- Unnötig hell erleuchtete Wohnsiedlungen und Gewerbegebiete stören nachtaktive Tiere wie Fledermäuse und schränken sie in ihrem Aktionsradius stark ein. Mögliche Auswirkungen sind auch hier Abwanderung und Artensterben.
- Bei einigen Arten von Singvögeln und Amphibien geraten die Kommunikationsmuster zwischen den Geschlechtern durcheinander, und die Fortpflanzung wird gestört. Biorhythmus und Hormonhaushalt verändern sich.

Mehr zum Thema

INTERNET

Forschungsverbund zur Lichtverschmutzung:
www.verlustdernacht.de

Definition Dark Sky Park:
www.darksky.org/component/content/article?id=86

Apps für Bürgerforscher, die helfen wollen, die Lichtverschmutzung zu dokumentieren:
www.globeatnight.org





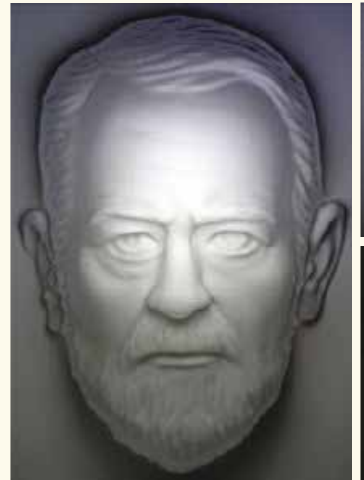
Nussknacker-Suite: Federleicht und hammerhart!

Findige Tüftler haben viele Ideen entwickelt, um harte Nüsse einfach zu knacken. Der Designer Markus Röhling aus einer kleinen Produktschmiede in Bayern hatte jetzt eine besonders schöne Idee: Sein Nussknacker öffnet Nüsse mit Hilfe einer Kegelfeder, in deren Inneren ein kleiner Schlagbolzen befestigt ist. Die Anwendung ist ein Kinderspiel: Die Nuss (egal welcher Art) in die zugehörige Edelstahlschale legen, die Feder darüber stellen und mit Daumen und Zeigefinger außen fixieren, den Silikonknopf nach oben ziehen, die Feder spannt sich, loslassen und knack! Eine saubere Sache: beim Aufschlag schließt sich die Spiralfeder um die Nuss und verhindert so, dass Schalenstücke und Splitter unkontrolliert umherfliegen wie bei herkömmlichen Nussknackern. Der Federnussknacker wiegt nur 140g und verbindet spielerische Eleganz mit schlagfertiger Treffsicherheit. Die Idee wurde jetzt mit dem begehrten RedDot Design Award ausgezeichnet!

Nussknacker Feder.

Edelstahl, Silikon. Ø 65 mm, H 100 mm, Gewicht 140 g.

Best.Nr. 802 709 — nur € 19,95





Eine unglaubliche Illusion!

Freud und das Geheimnis der Tiefenumkehr!

Nicht nur Sigmund Freud wusste: in unserem Kopf gehen seltsame Dinge vor sich. Unser Gehirn biegt sich die Realität zurecht, es autovervollständigt Wahrnehmungen permanent. Dies können Sie mit unserer Hohlmaske jetzt wunderbar direkt erfahren. Schauen Sie aus einer gewissen Entfernung in die Hohlmaske, so wölbt sich das Gesicht beinahe gespenstisch nach außen – unser Gehirn wechselt von konkav zu konvex. Als würde sich irgendetwas in uns weigern, eine in der Natur unmögliche Wahrnehmung – einen freudschen Hohlkopf zu akzeptieren. Und es kommt noch besser: wenn Sie an der Maske vorbei laufen, erwacht der bohrende Blick Freuds zum Leben – er scheint Ihnen zu folgen. Freud is watching you! Sie werden nicht glauben, was Sie sehen! Aber damit Sie verstehen, was Sie sehen, liefern wir Ihnen mit der Maske eine fantastische Beschreibung des Physikers Prof. Joachim Schlichting gleich mit. Unsere Portraitmaske wird komplett in Deutschland in Kleinserie hergestellt. Für uns eine der schönsten optischen Täuschungen, die es gibt!

Made in Germany

Sigmund Freud Hohlmaske.

Aus lichtdurchlässigem Kunststoff. Farbe Glanzweiß. Maße: H 40 cm, B 31 cm, T 12 cm. Mit Standknick. Mit Beschreibung von Prof. Schlichting.

Best.Nr. 802 950 — Exklusiv bei uns € 69,–





Neue Version 10.000 Lux!

Moderne Lichtforschung für gute Laune!

In der dunklen Jahreszeit gehen wir oft morgens bei Dunkelheit aus dem Haus und kommen abends bei Dunkelheit wieder – dazu Schneematsch, kalter Regen und Stress. Viele Menschen beginnen sich müde, kränklich und schlapp zu fühlen. Dagegen können Sie etwas tun! Die Lichtspezialisten von Philips haben dafür ein kleines Sonnenkraftwerk gebaut. Schon das Vorgängermodell wurde von Stiftung Warentest als Testsieger gekürt. Und das neue Modell ist noch besser: bei gleicher Leistung ist es kleiner, schmäler, einfacher zu bedienen und kippsicher! Was aussieht wie eine Designerlampe, ist das Ergebnis jahrelanger Forschung. Das EnergyLight entspricht in Qualität und Intensität exakt dem natürlichen Tageslicht. Es leistet bis zu 10.000 Lux, ohne zu blenden. Durch einen High-Tech-UV-Filter ist das Licht für Ihre Haut und Augen unbedenklich. Klinische Tests haben erwiesen: Philips EnergyLight verleiht Ihnen ganz natürlich mehr Energie und einfach eine bessere Grundstimmung. 30 Minuten während des Frühstücks oder beim Lesen der Zeitung genügen – Sie werden sich fühlen wie an einem strahlenden Sommermorgen. Das sollten Sie sich wert sein!

Philips EnergyUp. Licht-Therapie Tageslicht-Lampe.

Best.Nr. 802 938 — € 199,99

Daten: 24 W. Frequenz 50/60 Hz. Lampentyp: High PowerLED. Kabel: 210 cm. Einfache Bedienung per Tastendruck. Maße: 29,4 x 37,6 x 4,1 cm. Gewicht: 2 kg. Geprüft: Richtlinie für Medizinprodukte (MDD), 93/42/EWG und 2007/47/EG.



Neu Handmade in Germany







Stellen Sie die Zeit auf den Kopf!

Nichts macht die Naturgesetze deutlicher als das Gefühl, hier kann etwas nicht stimmen. Sie werden Ihren Augen nicht trauen. Bei der goldenen Sanduhr fließt der „Sand" normal, die grüne Uhr hingegen fließt von unten nach oben! Dies wirkt besonders faszinierend, wenn Sie beide Uhren nebeneinander stellen. Hier ist das Original – ein hochwertiges und langlebiges Qualitätsprodukt, das komplett in Deutschland hergestellt wird. Jede einzelne Sanduhr wird per Hand gefüllt und versiegelt. Die verwendete Flüssigkeit besteht ausschließlich aus natürlichen Bestandteilen. Für die Farbgebung wird eigens ein Farbmeister beauftragt, der sich um die konstant hohe Qualität kümmert. Nur so lässt sich die intensive und brillante Farbwirkung erreichen. Der Rahmen wird aus erstklassigem Acrylglas hergestellt, so dass Sie immer klare Sicht haben! Und keine Angst: die Naturgesetze bleiben gültig! Kügelchen mit einer Dichte, die kleiner ist als die der umgebenden Flüssigkeit, steigen nun einmal nach oben. Und trotzdem verblüffen die Uhren bei jedem Umdrehen neu!

Sanduhren Paradox 2er-Set. Auf und Ab! Made in Germany.

Acrylglas. Farben: Grün und Gold. Maße: H 7,5 cm B 8,5 cm. Laufzeit je nach Raumtemperatur 3-4 Minuten.

Best.Nr. 802 951 — Exklusiv bei uns nur € 24,95



50 g High-Tech



DAB-/DAB+- und UKW-Empfänger. 0,8-W-Lautsprecher. Mit USB und Netzanschluss. Docking-Station. Lithium-Polymer Akku 1500 mAh. USB-Kabel. USB Strom Adapter (5V/ 1A). Kopfhörer. Quick Start Guide. Service Karte...

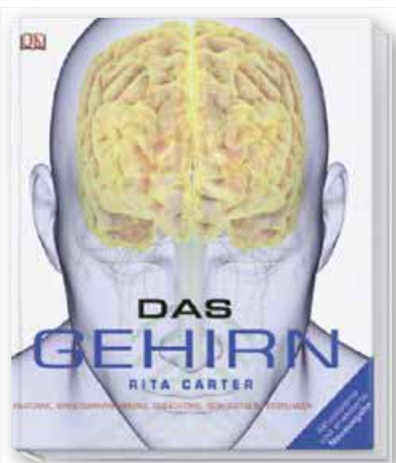
Digital-Radio für unterwegs!

Radio ohne Rauschen: Endlich können Sie Ihr Digitalradio einfach mitnehmen. Das formschöne NOXON MINI ist kleiner als eine Zigarettenschachtel und wiegt nur 50 g! Es bietet Ihnen grenzenlose Mobilität in bester Qualität: Ob auf der Terrasse, im Garten, am Badesee oder auf Reisen! Der Hochleistungs-Akku liefert bis zu 8 Stunden Radiogenuss. Je nach Bundesland wählen Sie aus bis zu 40 Digitalsendern in exzellenter Empfangsqualität. Warnmeldung im Notfall: Hochwasser, Unwetter, Chemieunfall – Ihr Radio informiert Sie sofort über drohende Gefahren. Die Technik wurde vom Fraunhofer-Institut entwickelt, da Digitalradio im Ernstfall keine Netzüberlastung kennt. Das Radioprogramm wird unterbrochen, Radios im Standby-Betrieb werden automatisch aktiviert. Dank der Docking-Station, können Sie das NOXON MINI in der Wohnung einfach überall „auf Station" stellen wie ein schnurloses Telefon – dabei lädt der Akku. Wenn Sie auf den Balkon oder die Terrasse möchten, einfach „abheben" und mitnehmen! Das NOXON MINI verfügt über eine ausfahrbare Teleskopantenne und wird mit einem hochwertigen Kopfhörer geliefert.

Noxon Mini Digitalradio.
Best.Nr. 802 945

MIT FRAUNHOFER WARN-TECHNOLOGIE

€ 119,–





Über 1.000 Fotos und Animationen

„Genau so großartig wie unser Gehirn..."

...ist auch dieser Bildatlas!" So urteilte die Fachpresse (Osteopathische Medizin) über dieses fantastische Großwerk. Wie hängen Gerüche mit Empfindungen zusammen und welche Rolle spielt dabei das Gehirn? Wie ist das Gehirn aufgebaut und wie arbeitet das faszinierende Rechenzentrum unseres Körpers? Der neue Bildatlas erklärt komplexe Zusammenhänge in nie erreichter Klarheit: umfassend im Inhalt, reich in der Bebilderung (über 1.000 Farbfotos, Computergrafiken und Illustrationen) und klar strukturiert im Layout! Modernste bildgebende Verfahren veranschaulichen die komplexen Strukturen und Vorgänge. Ebenso wurden neue Forschungen berücksichtigt. Anerkannte Fachautoren beleuchten unser Denkorgan von allen nur denkbaren Seiten und in all seinen Facetten. Und das sagen die Leser: *„Dieses Buch ist so anschaulich, dass es mir manchmal den Atem verschlägt." „Eines der schönsten und inhaltlich interessantesten Bücher der letzten Jahre. Als Medizin-Hochschullehrer (Medizinische Psychologie) kann ich das Buch nur ausdrücklich empfehlen."*

Das Gehirn. Der große Bildatlas. Alle Aspekte der Hirnforschung.
2. Auflage 2014. 264 Seiten mit über 1.000 Abbildungen, gebunden
Best.Nr. 802 914 **€ 34,95**





Best-seller des Jahres

Darm mit Charme!

Darm gut – alles gut? Die junge Medizinerin Giulia Enders erklärt spannend und unterhaltsam, was wir mit dem Darm für ein hochkomplexes und wunderbares, nur leider extrem vernachlässigtes Organ haben. Der Darm ist der Schlüssel zu Körper und Geist. Er ist ein fabelhaftes Wesen voller Sensibilität und Leistungsbereitschaft – und er ist der wichtigste Berater unseres Gehirns. Ausgerechnet der Darm! Das schwarze Schaf unter den Organen, das einem doch bisher eher unangenehm war. Aber dieses Image wird sich ändern. Denn Übergewicht, Depressionen und Allergien hängen oft mit dem Darm zusammen. Das heißt umgekehrt: Wenn wir uns in unserem Körper wohl fühlen, länger leben und glücklicher werden wollen, müssen wir unseren Darm pflegen. Giulia Enders forscht am Institut für Mikrobiologie in Frankfurt. Sie ist Stipendiatin der Heraeus-Stiftung. Mit ihrem Vortrag „Darm mit Charme" gewann den 1. Preis der Science Slams in Freiburg, Berlin und Karlsruhe.

„Sie hat medizinisches Wissen, das sonst nur Eingeweihten bekannt wird, für die breite Bevölkerung didaktisch exzellent aufbereitet." (FAZ)

„Ein sehr lustiges, lässiges, lehrreiches Buch." (taz)

Giulia Enders: Darm mit Charme.
2014. 288 Seiten mit Illustrationen, gebunden mit Banderole
Best.Nr. 802 959 Edle Geschenkausgabe nur **€ 19,99**





WELT-NEUHEIT



Selber bauen, was Harley & Co. antreibt!

Technik, die begeistert: Erleben Sie Ihr V2-Modell in Betrieb - genießen Sie den Sound eines V2-Motors! Verstehen Sie die Technik, die moderne Motorräder antreibt! Mit diesem Bausatz werden Sie zum „Schrauber", denn er funktioniert ganz ohne Kleben oder Löten. Alle Teile werden einfach gesteckt oder geschraubt. Das transparente Motorgehäuse gibt den Blick frei auf das Innere. Beobachten Sie, wie die Kolben stampfen und der simulierte Zündfunke aufblitzt. Lauschen Sie dem kraftvollen Sound eines V2-Motors in Aktion. Ein Soundchip macht es möglich. Über 150 Bauteile, elektrischer Antriebsmotor, Kurbelwelle sowie die notwendigen Tools und Schrauben sind enthalten. Noch nie war es so einfach, ein realistisches Motorenmodell zu bauen. Das umfassende Handbuch bietet Ihnen neben einer klaren Schritt-für-Schritt-Anleitung jede Menge Unterhaltung und Wissen. Zeigen Sie, dass ein Ingenieur in Ihnen steckt, und legen Sie los...

Motorrad-Motor. Lernpaket V2-Motor.
Bauzeit ca. 2,5 Std. Ab 12 Jahre. Betrieb: 3 x 1,5 V-Batterie AA (nicht enthalten).
Maße Modell: 24 x 16 x 21 cm.
Best.Nr. 802 899 **€ 89,95**



Design und Rodel sehr gut!

Dieser schön gestaltete Bob lässt sich wunderbar einfach fahren! Zipfy ist jetzt 5 Jahre in Folge der bestverkaufte Schlitten in den USA. Zeit, ihn auch über europäische Pisten flitzen zu lassen. In Kanada entwickelt und in den USA produziert, hat Zipfy bereits über 20 Preise gewonnen. Es gibt sogar echte Wettkampfserien für diesen Schlitten. Sein Retro-Design macht eine tolle Figur, bestechend sind jedoch seine Fahreigenschaften: Zipfy ist mit nur 1,6 kg sehr leicht, dabei aber unglaublich stabil und robust. Der feuerrote Bob bringt Fahrer mit bis zu 110 kg Gewicht problemlos zu Tal! Durch einfache Gewichtsverlagerung lenken Sie den Mini-Bob ganz leicht in die gewünschte Richtung. Sie sitzen fest und sicher auf einem bequem geformten Sitz mit einer rutschfesten Oberfläche. Spezialrillen an der glatten Unterseite halten Sie auch bei hoher Geschwindigkeit sicher in der Spur. Der niedrige Schwerpunkt sowie der stabile Knüppel zum Festhalten garantieren Ihnen zusätzliche Sicherheit. Und das Beste: Zipfy ist so leicht und kompakt, dass Sie immer wieder den Hang hoch möchten, um die nächste Abfahrt zu genießen!

Made in USA

Zipfy Classic Bob.

Empfohlen ab 5 Jahre. Farbe: Rot. Maße: 54 x 33 x 41 cm. 1,6 kg.

Best.Nr. 802 925 Nur solange Vorrat reicht **€ 49,95**





Gratis dazu:

Zeiss Qualität € 100,– sparen

Das Adlerauge der Fotografie: Carl-Zeiss-Objektiv & Profi-Automatik!

Die Zukunft der Fotografie wiegt nur 213 Gramm und passt mit 10 x 6 cm in jede Tasche. Elegantes Design in sehr robustem, federleichtem Aluminium; Bedienelemente aus hochwertigem Metall – ein Hauch von Luxus. Das Herzstück der Kamera: das F 1,8 Carl Zeiss® Vario-Sonnar® T* Objektiv braucht vor allem bei der Lichtstärke den Vergleich zu großen Profikameras nicht zu scheuen. Zeiss-Objektive gelten zu Recht als das „Adlerauge der Kamera“! Die Farben und Schärfe der Fotos sind unglaublich. Am einfachsten: Sie stellen auf „Automatik“ und drücken nur noch den Auslöser. Sogar im Laufen schützt der Bildstabilisator vor verwackelten Fotos. Sie können Blende und Belichtung auch selbst bestimmen und aus 13 Bildeffekten wählen. Ob Serienbilder, Panoramafoto oder Videos in Full HD – so einfach war Profi-Fotografie noch nie!

Gratis-Zubehör: Damit Sie gleich loslegen können, erhalten Sie zu Ihrer Kamera eine Original-8GB-Speicherkarte von Sony (Wert € 9,95)!

„Bei der Bildqualität setzt die Sony DSC-RX100 neue Maßstäbe in der Klasse der Kompaktkameras.“ (D-Kamera.de)

„Volltreffer! Im Test ist die Bildqualität spitze, die Verarbeitung tadellos, die Ausstattung vorzüglich, der Autofokus treffsicher und schnell.“ (Chip.de)

SONY DSC-RX100 Kompaktkamera. statt UVP **€ 499,–**

Best.Nr. 802 910 Preiskracher nur **€ 399,–**

Farbe: schwarz. Bis ISO 25600. Integrierter Blitz. 7,5cm LCD-Monitor – 1,2 Mio Bildpunkte. Zubehör: Hochleistungs-Akku, Netzteil, Micro-USB-Kabel, Handschlaufe, Anleitung...







Mit dem Metalldetektor auf Schatzsuche!

Ein echter Metalldetektor ist sehr teuer. Jetzt können Sie sich einfach und günstig selbst einen funktionierenden Detektor bauen! Gehen Sie auf Schatzsuche am Strand oder auf der Wiese. Es war Jahrmarkt oder Zirkus in der Stadt? Wenn die Karawane weitergezogen ist, schlägt die Stunde der kleinen Schatzsucher! Spüren Sie verborgene oder verlorene Gegenstände aus Metall auf! Oder messen Sie, wo elektrische Leitungen oder Wasserleitungen in der Wand laufen. Der Franzis Metalldetektor ist ganz einfach in wenigen Schritten zusammengebaut. Ein wenig Löterfahrung genügt, denn die Platine ist bereits vorbestückt. Die restlichen Komponenten sind schnell angeschlossen. Sie brauchen nur noch einen Joghurtbecher, Klebeband und Klebstoff und Ihr Metalldetektor ist einsatzbereit. Mit dem Einstellregler können Sie die Empfindlichkeit verändern. Leuchtdioden lassen Rückschlüsse auf die Art des detektierten Metalls zu und selbstverständlich gibt der Metalldetektor auch ein akustisches Signal, wenn Sie auf einen Schatz gestoßen sind.

Franzis Metalldetektor. Ab 12 Jahre. Für den Aufbau erforderlich: Lötkolben, Lötzinn, Seitenschneider. Betrieb: 1 x 9-Volt-Blockbatterie (nicht enthalten).

Best.Nr. 802 941 Sparpreis nur **€ 29,95**





400 REZEPTE & 3.000 SCHRITT-FÜR-SCHRITT-BILDER!

Jedermann kann Kochen!

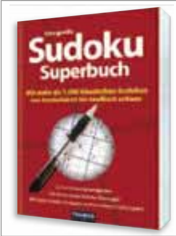
Wie gelingt ein saftiges Steak, knuspriges Hähnchen mit Steinpilzen? Wie mache ich den perfekten Pizzateig? Was darf in einer meisterhaften Bolognese nicht fehlen? Wie knacke ich eine Kokosnuss richtig? Ohne viele Worte: dafür aber mit über 400 gezeichneten Anleitungen für leckere Gerichte von Spiegelei bis Thai Curry, dazu unverzichtbare Grundtechniken und zahlreiche praktische wie originelle Küchentricks und Kniffe. Die Rezepte werden mit 3.000 Illustrationen Schritt-für-Schritt erklärt. Auf einem Regal sehen Sie zunächst alle benötigten Zutaten im Bild. Dann wird jeder Arbeitsschritt im Bild, mit kurzem Text und mit Zeitangaben glasklar erklärt. Ein witziges Geschenk, um Männer an den Kochlöffel zu bringen. Für Kochmuffel, Jugendliche und junge Erwachsene, die sich allzu lange auf das Hotel Mama verlassen haben oder aber für alle, die bei „normalen“ Kochbüchern den Herd vor lauter Zutaten und Anweisungen nicht mehr sehen. Überzeugen Sie sich selbst – es funktioniert und schmeckt wirklich!

So geht Kochen! Spielend leicht zum Meisterkoch.

2014. 256 mit 3.000 Bildern, kartoniert

Best.Nr. 802 949 nur **€ 19,95**







Sudoku – die Magie des Quadrats!

Das asiatische Trendspiel in edlem Buchenholz! Die Regeln sind denkbar einfach: In jeder Reihe, Spalte und jedem Unterquadrat darf jede Zahl/Farbe nur einmal gesetzt werden. Mathematisch gibt es jedoch mehr als 5 Milliarden Möglichkeiten, ein 9 x 9-Sudoku zu legen. Meist aber nur eine richtige Lösung! Deshalb ersetzen bei uns formschön gestaltete Spielsteine das Gefummel mit Papier, Bleistift und Radiergummi. Das Besondere am Farb-Sudoku: Durch die Farben können Fehlpositionen vom Auge viel angenehmer und leichter überblickt werden als nur mit abstrakten Ziffern. Sie können auch nur die Vorgabesteine mit der Ziffer nach oben setzen und die „Spielsteine" mit der Ziffer nach unten setzen - also nur anhand der Farben spielen. Wie auch immer – Sudoku hält Ihr Gehirn auf Trab. Und damit Ihnen der Rätselspaß nicht ausgeht, erhalten Sie im Preis inbegriffen noch das 424-seitige Sudoku Superbuch mit über 1.000 Sudoku-Rätseln von leicht bis höllisch schwer!

SUDOKU Farbe.

Buchenholz 25 x 25 cm, 9 x 9 Felder, 81 farbige Holz-Spielsteine mit Ziffern.

Best.Nr. 802 930 **komplett mit Buch nur € 29,95**





Der Logik-Turm: 4 Ebenen – 22.069 Lösungen!

Der Logik-Turm ist eines der schönsten und kniffligsten 3D-Denksport-Puzzles, die wir je auf dem Schreibtisch hatten. Die prämierte Spielidee gab es bisher nur in den USA. Jetzt bringen wir den Logik-Turm für Sie nach Deutschland. Bei mehr als 22.000 möglichen Lösungen, werden Sie selten zweimal auf dieselbe stoßen – wenn Sie überhaupt eine finden! Das Ziel ist es, einen perfekten Zylinder ohne Lücken um die Mittelsäule zu bauen. Dazu stehen Ihnen 15 unterschiedliche Holzbausteine zur Verfügung. Vor allem der Zylinder mit der kompletten Höhe aus allen Puzzleteilen ist eine extrem spannende Aufgabe mit hohem Suchtpotenzial. Wenn Sie die Puzzlesteine vorsichtig in- und umeinander schieben, scheint die geniale Lösung oft nur einen Zug entfernt – und schon will der letzte Stein wieder nicht passen! Das Schöne an diesem Spiel: Sie können zwischen 4 Zylinderhöhen und somit 4 Schwierigkeitsgraden wählen. So ist der Logik-Turm eine räumliche Denksportaufgabe für Kinder, Jugendliche und Erwachsene. Die farbigen Puzzlesteine aus ökologisch angebautem Massivholz machen auch optisch eine gute Figur und laden immer wieder neu zum Spielen ein!

Logik-Turm. 3D-Denksport-Puzzle.

Von 8 bis 99 Jahre. 15 farbige Puzzle-Teile aus Massivholz. Höhe 12 cm. ø 10 cm.

Best.Nr. 802 840 **€ 29,95**



BlindPuzzle: verdeckt & seitenverkehrt!

Das neue Spiele-Set bietet Ihnen 5 Spiele in Einem! Versuchen Sie das vorgegebene Muster auf eine transparente Seite zu puzzeln. Klingt einfach? Sie müssen die 24 leicht magnetischen Quadrat-Puzzleteile mit der Bildseite nach unten (!) auf die Folie legen. Sie puzzeln also verdeckt und seitenverkehrt. Wenn Sie alle Teile gelegt haben, kommt der Kuchen-Teller-Trick: das gesamte Puzzle-Buch schließen, umdrehen und schon können Sie Ihr Ergebnis begutachten. Geschafft? Dann versuchen Sie es jetzt mit den 48 dreieckigen Puzzleteilen. Immer noch zu einfach? Dann puzzeln Sie das Muster über Kopf! Außerdem bietet Ihnen das Set die Memospiel-Variante „Paare finden" für die ganze Familie. Finden Sie die 2 passenden Dreieck-Teile zu einer quadratischen Karte. Einmal offen und nach Schnelligkeit oder aber verdeckt nach Gedächtnis! Beim „Sliding Game" sorgen Sie für die richtige Schiebung. Durch Verschieben der Teile müssen Sie das Motiv wieder zurechtrücken. Für die Kleinen ergeben sich mehrere einfache Puzzle-Varianten... BlindPuzzle fördert die Konzentration, die visuelle Wahrnehmung und das räumliche Denken!

BlindPuzzle. 5 Spiele in Einem! **Von 4-99 Jahre. Für 1-6 Spieler.**

Maße: 23,5 x 33 cm. 72 magnetische Karten. Ausführliche farbige Anleitung.

Best.Nr. 802 900 **Exklusiv bei uns nur € 29,95**



Wer wird strategischer Zaunkönig?

Das neue Spiel des MENSA-Spielepreis-Trägers Dieter Stein ist da: Gebiete aufteilen, Grenzen ziehen, Felder in Besitz nehmen. Wer legt mit taktischem Kalkül die richtigen Grenzmarkierungen und beansprucht am Ende die meisten der 49 Felder für sich? Das Denksport-Duell für 2 Spieler birgt trotz einfacher Regeln eine unglaubliche Tiefe an strategischen Hintergedanken. Nach jedem Zug setzen Sie im Zielfeld an einer Kante ein Stäbchen als Umzäunungselement. Das Knifflige: Sie dürfen während eines Zuges sogar einmal die Zugrichtung ändern, d.h. Sie dürfen „über-Eck" ziehen! Jeder Spieler versucht, seine Claims abzustecken. Ziel ist es, möglichst große zusammenhängende Felder einzuzäunen, in denen genau eine eigene Spielfigur sitzt. Wer am Ende mindestens 25 Feldquadrate eingezäunt und besetzt hat, ist der Zaunkönig! Aber Vorsicht: oft ermöglichen naheliegende Spielzüge dem Gegner ungeahnte Möglichkeiten, das Spiel mit einem genialen Zug zu kippen. Ein kleiner Holzspieleverlag aus Rheinland-Pfalz hat diese Idee wunderbar umgesetzt: Auf einem massiven Buchenholzbrett setzen und ziehen Sie Ihre schönen Spielfiguren.

Fendo. Made in Germany. **Strategiespiel für 2 Spieler ab 12 Jahre.**

Spielbrett 25 x 25 cm, 14 Spielfiguren und 50 Stäbchen.

Best.Nr. 802 943 **Exklusiv bei uns nur € 39,95**







3 Professoren lehren Zahlen-Lesen!

Die Statistik trügt!

Doppelt so viele Tote durch Hai-Angriffe, Frauen verdienen immer noch weniger als Männer, Genmais ist krebserregend, Schokolade macht dünn und Polen sind fleißiger als Deutsche – solche reißerischen Meldungen kursieren fast täglich in den Medien. Doch Vorsicht – meist reicht nur der leichte Hauch einer kritischen Analyse der Datenbasis, um das Kartenhaus zum Einsturz zu bringen. Der Psychologe Prof. Gerd Gigerenzer, der Ökonom Prof. Thomas Bauer und der Statistiker Prof. Walter Krämer haben auf den zunehmenden „statistischen Analphabetismus" mit der Ernennung der „Unstatistik des Monats" reagiert. Genüsslich zerpflücken die drei Autoren scheinbar objektive Wahrheiten und Fakten. Die haarsträubendsten Fälle und viele neue Beispiele finden Sie jetzt in ihrem neuen Buch. Lesen Sie, wie man Datenverdreher durchschaut, sich gegen Manipulationen wehrt und die Welt der Statistik, Zahlen und Wahrscheinlichkeiten besser verstehen lernt.

„Jede/r sollte ein wenig statistisches Denken beherrschen. Und da gibt es kaum einen amüsanteren Einstieg als dieses Buch." (D-Radio)

Warum dick nicht doof macht und Genmais nicht tötet. Über Risiken und Nebenwirkungen der Unstatistik.

2014. 211 Seiten mit Abbildungen, kartoniert

Best.Nr. 802 933 nur **€ 16,99**





Das goldene Wilhelm-Busch-Album!

Wilhelm Buschs Werke sind heute kulturelles Allgemeingut. Sätze wie „Vater werden ist nicht schwer, Vater sein dagegen sehr". Oder „Das Gute – dieser Satz steht fest – ist stets das Böse, was man lässt!" hat jeder von uns schon gehört. Mit seinen satirischen Geschichten wie Max & Moritz, Die fromme Helene, Plisch und Plum oder Tobias Knopp hat der große Humorist Wilhelm Busch die Zuneigung seiner Leser so nachhaltig wie kein anderer erobert. Bis heute setzt das Werk des genialen Zeichners und begnadeten Dichters fröhliche und hintersinnige Akzente. In diesem großen, goldenen Wilhelm-Busch-Album mit edler Bindung und Lesebändchen finden Sie auf 644 Seiten und 3.000 Bildern alle Werke, die er in seinem reichen Leben gezeichnet, geschrieben und veröffentlicht hat: sämtliche Bildergeschichten und Gedichte, Skizzen und Gemälde. Mit einer Einführung und einem Nachwort zu Buschs Leben von Friedrich Bohne.

„Wenn einer, der mit Mühe kaum, gekrochen ist auf einen Baum, schon meint, dass er ein Vogel wär, so irrt sich der." (Wilhelm Busch)

Das goldene Wilhelm-Busch-Album. NEU

2014. 644 Seiten mit 3.000 Abb., Format 29,5 cm, gebunden

Best.Nr. 802 926 Geschenkpreis nur **€ 25,–**





Lassen Sie Ihr Hirn nicht unbeaufsichtigt!

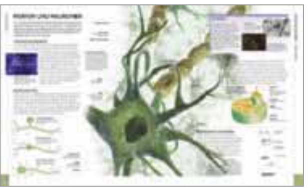
Was geht eigentlich im Gehirn vor, wenn Sie diese Zeilen lesen, sich freuen oder sich an etwas erinnern? Wie konstruiert unser Gehirn unsere Realität? Gedächtnisweltmeisterin Christiane Stenger erklärt in ihrem Buch nicht nur, wie die 100 Milliarden Nervenzellen im Gehirn arbeiten, sondern bringt sie auch gleich ordentlich auf Trab. Ihr unwiderstehlicher Vorschlag: Erschaffen Sie eine genialere Version von sich selbst, die den Alltag effizienter gestaltet, konzentrierter arbeitet und dabei noch wesentlich entspannter ist. Nutzen Sie spezielle Tests, Trainingsmethoden und Techniken um das assoziative, kreative Denken und die Merkfähigkeit zu verbessern! Die Autorin ist erst 27 Jahre alt - war mehrfache Juniorengedächtnisweltmeisterin. Auf dem Weg zum Abitur hat sie zwei Klassen übersprungen, danach ein Studium absolviert und ganz nebenbei noch fünf Bücher geschrieben, eine Fernsehsendung moderiert und ihr Wissen in unzähligen Seminaren und Workshops weitergegeben.

Christiane Stenger: Lassen Sie Ihr Hirn nicht unbeaufsichtigt! Gebrauchsanweisung für Ihren Kopf.

2014. 224 Seiten mit Abbildungen, kartoniert

Best.Nr. 802 934 nur **€ 17,99**



Das Wunder Mensch in 3D!

Eine atemberaubende Reise durch den menschlichen Körper! Dieser außergewöhnliche Anatomieatlas zeigt Ihnen den komplexen Aufbau und die Vorgänge innerhalb des menschlichen Körpers auf noch nie da gewesene Art und Weise. Die innovative Verbindung von Makrofotografie und Computergrafik ermöglicht eine völlig neuartige Darstellung: modernste 3D-Grafiken enthüllen anatomische Vorgänge wie die Übertragung eines Nervenimpulses bis ins kleinste Detail und machen so komplizierte Zusammenhänge ganz einfach begreifbar. Umfassende Texte ergänzen die Bilder und vermitteln leicht verständlich aktuellstes Expertenwissen zu allen Aspekten der Anatomie – vom Aufbau einzelner Zellen und Organe bis zur Funktion vielschichtiger Systeme wie Nervenapparat oder Verdauungstrakt. Die DVD-ROM bietet mit einzigartigen Animationen und weitere Fakten einen interaktiven Zugang zum Körper. Eine neue Generation von Anatomiebuch!

Der menschliche Körper. Neuer Bildatlas der Anatomie mit DVD-ROM.

2014. 288 Seiten mit über 600 3D-Computergrafiken und 300 Farbfotografien, 31 x 26 cm, gebunden DVD-ROM für WIN und MAC.

Best.Nr. 802 936 **€ 34,95**







35 g HIGH-TECH:
REICHWEITE 120 m



Ein Mini-Flutlicht für Ihren Schlüsselbund!

Diese kleinen Lampen sind technologisches Dynamit: nur 1,8 cm Durchmesser, 9 cm Länge und 35 Gramm leicht – hat die neue LED LENSER® P3 AFS P alle Vorteile einer großen Taschenlampe. Durch den High End Power Chip kommen Sie auf eine sensationelle Lichtleistung von bis zu 75 Lumen – das bedeutet eine Reichweite von 120 Metern! Diese Leuchtkraft wäre ohne bahnbrechende Innovationen nicht möglich. Die Schaltertechnologie, das optische System und die Anbringung des Chips sind Meilensteine in der Entwicklung moderner Taschenlampen. Als Antriebsenergie dient eine einzige preiswerte Mikrozelle (AAA). Der Speed Focus ermöglicht Ihnen einen stufenlosen Übergang von breitem Flutlicht zu scharf fokussiertem Fernlicht. Die Gleitschlitten-Mechanik ist schnell, zuverlässig und herkömmlichen Drehmechaniken vielfach überlegen. So können Sie den Lichtkegel mit einer Hand schnell ändern. Immer griffbereit – mehr Taschenlampe brauchen Sie nicht!

NEU

LED LENSER® P3 AFS P. Mini-Taschenlampe.

Batterie: 1 x AAA 1.5V (enthalten). Mit Clip, Schlüsselring und Gürteltasche.



Best.Nr. 802 942 nur **€ 29,95**







1.468 SEITEN, 3 BÄNDE, ÜBER 20KG!

„Ein berauschendes Abenteuer!“ (Times)

Entdecken Sie die Welt! Seit 125 Jahren verzaubert und bildet das Magazin der National Geographic Society mit atemberaubenden Fotografien und packenden Geschichten aus allen Ecken der Erde. Mit seiner Verbindung aus Reise, Wissenschaft, Kultur und Naturschutz hat es Millionen von Menschen inspiriert. Zur Feier seines Geburtstages öffnet sich jetzt der komplette Archiv-Schatz. Drei gewaltige Bände ermöglichen Ihnen eine ultimative Zeit- und Weltreise, mit vielen nie zuvor veröffentlichten Fotografien, die beinahe so vielschichtig, tiefsinnig und farbenfroh sind wie unsere Welt selbst. Das Mammut-Werk ist eine kulturelle Investition, ein Geschenk zur Weitergabe an kommende Generationen. 1.468 Seiten im Riesenformat 28 x 39 cm, 3 Bände – über 20 kg – mit Fotos der besten Fotografen! Der Clou: die drei Schuber wandeln sich im Nu zum Buchständer, weil es diese Schätze verdient haben, präsentiert zu werden!

„Wahnsinnsaufnahmen! Dieser Sari! Diese Linien in ihren Handflächen! Ein dreibändiger, 43 Pfund schwerer Koloss der Fotografiekunst, der unsere Welt der vergangenen fünf Generationen dokumentiert.“ (Washington Post)

National Geographic. In 125 Jahren um die Welt.

2014. 3 Bände, gebunden im Schuber. Deutsch. Großformat, 28 x 39 cm, 1.468 Seiten, weltweit limitiert und nummeriert auf 125.000 Exemplare.

Best.Nr. 802 820 Komplettpreis **€ 399,–**



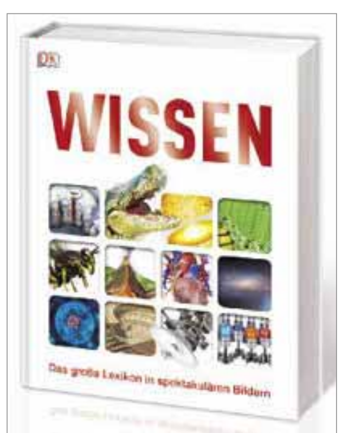
Zeitlos schön: Gute Raum-Lufft!

Nutzen Sie diesen formschönen Klassiker der Messtechnik! Seit 130 Jahren liefert Lufft Qualität made in Germany: Hochexakt, pflege- und wartungsfrei! Alles mechanisch – Sie brauchen weder Strom noch giftiges Quecksilber. Temperatur und Luftfeuchte werden gleichzeitig gemessen: Die Temperatur mit exakter Bi-Metalltechnik, die Feuchte aufs Haar genau mit einem Haarhygrometer. Der Schnittpunkt der Zeiger liefert Ihnen die Qualität des Raumklimas auf einen Blick. So wissen Sie immer, wann Sie lüften sollten, die Heizung reduzieren oder die Luftfeuchte zu hoch ist. Was Steiff für Teddybären oder Tempo für Taschentücher, ist Lufft für Feinmessgeräte: eine der wenigen „Marken des Jahrhunderts“. Ausgezeichnet werden nur Firmen, die den Ruf von „Made in Germany” geprägt haben. Nicht nur im Alltag, auch bei spektakulären Expeditionen haben Lufft-Messinstrumente ihre robuste Qualität bewiesen, ob am Nanga Parbat, im Himalaja oder in Grönland. Unser Design-Klassiker ist jedoch ganz einfach für Ihre Wohnung oder das Büro bestimmt!

LUFFT Raum-Klimamesser. Made in Germany.

Messing verchromt. Mineralglas. Ø 15,5 cm. Tiefe 3,5 cm. 320 g. Luftfeuchte: 28-100% rel. Feuchte. Temperatur: 8 – 40°C. Befestigung: 3 kleine Schrauben.

Best.Nr. 802 685 **€ 99,–**





NEU
360 SEITEN & 500 BILDER

Spektakuläres Wissen in 3D!

Dieses neue Lexikon zeigt, was andere Nachschlagewerke nur erzählen: Mit atemberaubenden 3D-Illustrationen enthüllt das große Buch des Wissens die Wunder des Weltraums, der Erde, der Natur, des menschlichen Körpers, der Wissenschaft und der Geschichte in beispiellosen Details und überwältigendem Realismus. Vollgepackt mit überraschenden Fakten, dynamischen Zeitleisten und fantastischen Bildern macht das Lexikon sogar komplexe Sachverhalte leicht verständlich und auf einen Blick erfassbar: So wird die Geburt eines Sterns Schritt für Schritt gezeigt, der Körperbau von Insekten mit einer überlebensgroßen Abbildung einer Wespe bis in die kleinsten Einzelheiten nachvollzogen. Sie werden Staunen, wenn zum Beispiel das Skelett eines Vogels und seine Muskeln Schicht für Schicht sichtbar werden. Im Anhang finden Sie neben Himmelskarten, Weltkarten und den Flaggen aller Nationen einen Stammbaum aller Tiere und Umrechnungstabellen für Maßeinheiten. Das Cover in edler Optik mit Silberfolie und Prägung ist ein echter Hingucker!

Wissen. Das große Lexikon in spektakulären Bildern. **Ab 8 Jahre.**

2014. 360 Seiten mit 92 3D-Grafiken, über 400 Abb. Format 31 cm, gebunden

Best.Nr. 802 944 nur **€ 24,95**





Der magische Magnet-Stift!

Es ist ein gutes Zeichen, wenn unsere Redakteure einen Prototyp nicht mehr aus der Hand legen. So ging es uns mit dem faszinierenden Magnet-Stift. Alles fing mit einigen Prototypen und einem Video an, das den kanadischen Erfinder beim Spielen mit dem Stift aus Magnet-Elementen zeigt (zu sehen unter wissenschaft-shop.de). Innerhalb weniger Tagen hatte er 14.000 Unterstützer, die 300.000 kanadische Dollar in die Idee investierten. Grund genug für uns, den Magnet-Stift auch nach Deutschland zu bringen. Das Besondere an 13 extrem starken Magnet-Zylindern, einem Clip, einer Gummikappe, einer Schreibmine und zwei kleinen Metallelementen? Ganz einfach – Sie können endlos mit der Anziehung und Abstoßung der Magnetpole spielen. Sie können die Kappe vom Tisch hopfen lassen, einen schwebenden Kreisel bauen, eine Magnetabschussrampe, einen Zirkel, einen Elektromotor... Ach ja, Sie können auch ganz normal damit schreiben auf Papier und klack – mit der Gummikappe unter dem nächsten Magnet auch auf Ihrem Tablet oder Smartphone!

Polar Magnet-Stift. Farbe Silber.

Kein Kinderspielzeug. Ab 14 Jahre.

Best.Nr. 802 855 **€ 39,95**

Mine schwarz, 0,4 mm feiner Strich. Minen können nachbestellt werden. Unschädlich für Tablet und Smartphone. Nicht für Kinder geeignet. Bitte beachten Sie die Warnhinweise auf der Verpackung.



GESCHENK-TIPP

Himmlische Aussichten für 2015!

Sternzeit 2015 – der Blick der Riesenteleskope wird immer klarer. Sie liefern uns die schönsten „Bilder der Wissenschaft“ für unseren neuen Kalender: So scheint ein Engel aus den 400 Milliarden Sternen der Milchstraße aufzusteigen. Oder die Raumsonde Cassini hat genau den Moment eingefangen, in dem die Sonne von dem Gasplaneten verdeckt wurde, sodass seine feinen Ringe im Gegenlicht deutlich wie nie zuvor erkennbar sind. Oder der Hexenkopf-Nebel, eine Brutstätte neuer Sterne, der tatsächlich aussieht wie eine Hexe... 12 Kalenderblätter im Panoramaformat 70 x 50 cm. Brillanter Druck mit Platineffekt. Noch mehr Wissen: Rüdiger Vaas (Astronomie-Redakteur bei bdw) hat für Sie jetzt noch mehr Wissen zu jedem Motiv in glasklare Texte verpackt. Extrablatt: Alle Monatsmotive erhalten Sie auch als Postkarte. Schreiben Sie schöne Nachrichten aus dem Universum! Der Kalender wird nach höchsten Umweltstandards produziert. Also, ungetrübte Freude bei Ihrer Sternenreise durch das Jahr!

Sternzeit premium 2015. Wandkalender. 70 x 50 cm. Spiralbindung.

Exklusiv-Version „bild der wissenschaft“.

Best.Nr. 802 750 **Sparpreis verlängert nur € 44,95**

bild der wissenschaft Shop · Postfach 10 03 53 · D-70747 Leinfelden · Telefon +49 (0)711/71924-580 · www.wissenschaft-shop.de

Ja, ich bestelle folgende Artikel beim bild der wissenschaft shop

Ws 14/1

Name, Vorname

Straße, Hausnummer

PLZ, Ort

Telefon (Für Rückfragen) Fax

e-mail (Für kostenlosen Newsletter, der Verwendung kann jederzeit widersprochen werden)

Fax +49 (0)711/719 24-444

Best.Nr.	Stück	Titel	Preis in €
802 750		Sternzeit 2015. TIPP!	44,95

Bitte Bestell-Menge angeben

Standardversand innerhalb Deutschlands für Bestellungen ab 100,- € versandkostenfrei, ansonsten zuzüglich 3,95 €. Österreich und Schweiz 7,95 €. Lieferung gegen Rechnung. Alle Preise inkl. gesetzlicher deutscher Mehrwertsteuer.

Sie haben das Recht, binnen 20 Tagen ohne Angabe von Gründen diesen Vertrag zu widerrufen. Die Widerrufsfrist beträgt 20 Tage ab dem Tag, an dem Sie die letzte Ware in Besitz genommen haben. Um Ihr Widerrufsrecht auszuüben, müssen Sie uns: Bild der Wissenschaft Shop – Medienservice Konradin GmbH, c/o VAH Jager GmbH, Straße der Einheit 142–148, 14612 Falkensee, Germany. Telefax 03322 12869-98, E-Mail: widerruf@wissenschaft-shop.de mittels einer eindeutigen Erklärung (z.B. Brief, Telefax oder E-Mail) über Ihren Entschluss, diesen Vertrag zu widerrufen, informieren.
Sie können den Widerruf der Bestellung auch durch die Rücksendung der Waren erklären. Wir tragen die Kosten der Rücksendung der Waren.
Weitere Informationen und Einzelheiten zu Ihrem Widerrufsrecht, insbesondere zur Fristberechnung und zu den Widerrufsfolgen, sowie ein Widerrufsformular finden Sie auf unseren Internetseiten unter: www.wissenschaft-shop.de/widerrufsrecht.

Medienservice Konradin GmbH, Ernst-Mey-Str. 8, 70771 Leinfelden, Germany.
Verantwortlicher Geschäftsführer: Andreas Uhl. UID-Nr. DE 812014445. Amtsgericht Stuttgart HRB 225910.

Kultur + Gesellschaft

GEKLÄRT

30 000 Jahre durchgehalten

Einem Team um den dänischen Paläogenetiker Eske Willerslev ist es gelungen, das komplette Genom von „Kostenki 14“ zu sequenzieren. Die Rede ist von einem fossilen Skelett eines frühen anatomisch modernen Menschen, der vor 36 000 Jahren in der Uferböschung des russischen Flusses Don bestattet wurde. Durch den Vergleich seiner Gene mit denen sehr viel jüngerer, mittelsteinzeitlicher Europäer erkannten die Forscher: Die Gene der frühesten Einwanderer sind nicht während der maximalen Vereisung verschwunden. Sie überdauerten mehr als 30 000 Jahre in den europäischen Jäger-Sammler-Kulturen – und zwar bis vor 8000 Jahren, als nahöstliche Pioniere neben dem Ackerbau und der Viehzucht auch neue Gene auf unseren Kontinent brachten.

Schädel des Kostenki-14-Menschen. Sein Genom wurde vollständig sequenziert.

Peter the Great Museum



GUT!

Kaffee statt Pillen

Die weit verbreitete Ansicht, viele Studenten würden zur Steigerung ihrer Leistungsfähigkeit Amphetamine einnehmen, hat eine Studie der Universität Bochum widerlegt. Von 1026 Teilnehmern an der Untersuchung gaben nur 14 an, jemals zu solchen Aufputschmitteln gegriffen zu haben. Spitzenreiter unter den „Muntermachern“ sind Kaffee, Energy-Drinks, Nikotin und Koffeintabletten.



Amphetamine? Nein danke! Studenten halten sich lieber mit Kaffee fit.

Wavebreak Media/Thinkstock

ZAHL DES MONATS

78

... Prozent der Arbeitnehmer in Deutschland sind mit ihren Chefs zufrieden. Nach einer Studie unter Federführung der Bertelsmann-Stiftung bescheinigen sie ihren Vorgesetzten Fairness und Verantwortungsbewusstsein beim Umgang mit ihrer Macht. Die Forscher zeigten sich von dem Ergebnis überrascht, da der Begriff Macht bei den Deutschen sonst eher negativ belegt sei.



picture alliance/AP Photo/Greek Culture Ministry

Prachtvolles Mosaik Ein beeindruckendes Bodenmosaik aus dem 4. Jahrhundert v.Chr. haben Archäologen in einem für seine spektakulären Funde bekannten Hügelgrab im nordgriechischen Amphipolis entdeckt. Das 4,5 mal 3 Meter große Mosaik, das in der Mitte beschädigt ist, zeigt den Götterboten Hermes. Er schreitet einem Streitwagen voran, in dem ein bärtiger Mann mit Lorbeerkranz steht. Das Hügelgrab in Amphipolis ist die größte derartige antike Anlage, die jemals in Griechenland entdeckt wurde.



Kleidsam sind die bronzezeitlichen Textilien aus Westchina nicht mehr – aber äußerst wertvoll. An kaum einem anderen Ort haben sich Kleidungsreste derart gut erhalten wie in der Autonomen Region der Uyguren Xinjiang.

Alles andere als tote Hose

Kleider machen nicht nur Leute, sie erzählen auch viel über sie. So erforschen Archäologen mithilfe jahrtausendealter Textilien eine kaum bekannte Kultur in Westchina.

von Hakan Baykal

Hat eine Frau die Hosen an, hat sie das Sagen. Denn – so der Ursprung der Redensart – mit dem Beinkleid schlüpft das weibliche Geschlecht in die traditionelle Rolle des Mannes: der Herr im Haus zu sein und Entscheidungen zu treffen. Doch welcher Mann war der Pionier in Sachen Hose? Der Antwort kamen Archäologen 2005 im Westen Chinas auf die Spur – obwohl ihnen die Tragweite ihrer Entdeckung zu dieser Zeit noch nicht bewusst war.

In der Turfan-Senke stießen die Forscher auf das Grab eines Mannes. Die mumifizierte Leiche des etwa 40-Jährigen im Gräberfeld von Yanghai war beeindruckend: Mit seiner Rechten umklammerte der Bestattete eine Reitgerte, mit der Linken eine Streitaxt. Ein Arm war, wie bei Bogenschützen üblich, zum Schutz in einen Lederärmel gehüllt. An den Beinen trug er eine Wollhose. Neben ihm lag das Zaumzeug seines Pferdes. Offenbar war der Verstorbene zu Lebzeiten Reiter gewesen. Aber davon gab es in vergangenen Epochen unzählige in Zentralasien.

Angefangen bei den antiken Reitervölkern wie den Skythen oder Sarmaten über die Hunnen und Ungarn bis hin zu den Mongolen oder den türkischen Osmanen – all diese Reitervölker, die den Europäern über Jahrhunderte das Fürchten lehrten, kamen aus den Weiten Asiens. Insofern war der Fund nicht ungewöhnlich. Zumal das Gräberfeld von Yanghai rund 3000 Bestattungen zählt, die von der Bronzezeit bis in die Zeit der Tang-Dynastie (618 bis 907 n.Chr.) reichen und von denen bislang nur einige Hundert erforscht sind.

J. Zhou/DAI

Als sechs Jahre nach der Entdeckung Wissenschaftler des Deutschen Archäologischen Instituts (DAI) gemeinsam mit chinesischen Kollegen die Mumie erstmals unter die Lupe nahmen, dämmerte ihnen schon, dass der Fund aus Yanghai eine kleine Sensation bergen könnte. Inzwischen steht fest: Der Reiter ist vor etwa 3200 Jahren gestorben – und damit ist seine Wollhose eine der ältesten bekannten Hosen weltweit.

Die ersten Reiterkrieger

Zu ihr gesellt sich ein zweites Beinkleid eines Toten aus Yanghai, der wahrscheinlich nur wenig früher bestattet wurde. Mayke Wagner, Leiterin der Außenstelle Peking des DAI, ist überzeugt: „Diese Hosen waren für Männer erdacht, die erstmals in der Geschichte als professionelle Reiter ihrer Gemeinschaft dienten.“ Die Hosen wurden am Webstuhl nach Maß gefertigt und so geschnitten, dass die Männer lange auf dem Pferderücken ausharren, weite Strecken in hoher Geschwindigkeit zurücklegen und dabei auch noch kämpfen konnten – die Geburtsstunde der Kavallerie.

„Kleidung gehört zu jenen Objekten, die unmittelbar sowohl den Lebensstil eines Individuums als auch den Charakter einer Gesellschaft erkennen lassen“, sagt Archäologin Wagner. An der Kleidung lässt sich nicht nur Rang und Beruf eines Menschen ablesen, sondern beispielsweise auch, wie eine Gemeinschaft organi-

Academia Turfanica, Turfan Museum

Der tote Reiter von Yanghai sorgte für gleich zwei Überraschungen: Er hatte eine Hose an – und das schon seit über drei Jahrtausenden. Sie gilt als das älteste Beinkleid der Welt.

Kompakt:

- Archäologen wissen: Kleidung verrät viel über die Kultur einer Gesellschaft.
- Das Problem: Textilien, die aus organischem Material bestehen, verrotten rasch.
- In Westchina blieb jedoch dank des Klimas über 3000 Jahre alte Kleidung erhalten – ein Glücksfall für die Forscher.

siert war – wie weit Wirtschaft und Technologie entwickelt waren, welche natürlichen Ressourcen oder gesellschaftlichen Gruppen es gab oder wie die Geschlechterrollen definiert waren. Zum Leidwesen der meisten Altertumsforscher besteht Kleidung jedoch überwiegend aus organischem Material, das – dem Zahn der Zeit ausgeliefert – verrottet und zerfällt. Im Normalfall finden die Forscher dann nicht viel mehr als eine Fibel oder eine Gürtelschnalle. Es sei denn, es herrschen besondere Umweltbedingungen, die eine natürliche Konservierung begünstigen, wie in den Mooren Nordeuropas oder im extrem trockenen Klima der Autonomen Region der Uyguren Xinjiang.

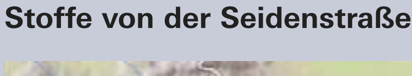
Uralte Klamottenkiste

In der Turfan-Senke fallen jährlich nur etwa 16 Millimeter Niederschlag – zum Vergleich: In Deutschland sind es 700. Die klimatischen Bedingungen verhindern den Verfall der Toten und ihrer Kleidung und fördern deren natürliche Mumifizierung. Die Region zeichnet sich noch durch eine weitere Besonderheit aus: Zahlreiche Routen der „Seidenstraße" führten durch diese Gegend. Mitten durch die Turfan-Senke und entlang des Tarim-Beckens verlief das Netzwerk aus Handelswegen. Genau dort widmen sich Forscher des DAI zusammen mit deutschen und chinesischen Kooperationspartnern dem Projekt „Silk Road Fashion". Es geht um die Erforschung alter Textilien, die Archäologen aus Gräbern der Region bargen.

Dieser Fellmantel und die Lederschuhe lagen in den Gräbern von Wupu nahe der Turfan-Senke. Die Schuhe sind etwa 2600 Jahre alt, der Mantel sogar 2800 Jahre.

J.Zhou/DAI (2)

Ihre grundsätzliche Fragestellung ist denkbar einfach: Wann trug man was wo und warum – und wie wurde die Kleidung hergestellt? Doch dahinter versteckt sich ein ganzer Kosmos aus immer neuen Rätseln, je nachdem, welcher Spezialist sich die Stücke vornimmt. Aus rund 800 Gräbern von 5 Fundstellen haben die Wissenschaftler 20 vollständig erhaltene Ausstattungen ausgewählt und nehmen sich nun die Hosen, Röcke, Kaftane, Jacken, Mäntel und das Schuhwerk mit unterschiedlichen Methoden vor. Biologen und Chemiker analysieren die verwendeten Stofffasern und Tierhäute, Ingenieure erforschen die Webtechniken und eine Designforscherin rekonstruiert die Schnitttechniken und Kleidungsstücke. Erstmals will eine Forschergruppe eine vergangene Gesellschaft anhand ihrer Kleidung charakterisieren.



Stoffe von der Seidenstraße



An verschiedenen Orten im Tarim-Becken, durch das auch die alten Handelsrouten der „Seidenstraße" führten, entdeckten Archäologen Gräberfelder (markiert durch rote Punkte). Die Kleidung der dort bestatteten Toten war meist vorzüglich erhalten.

bdw-Grafik; Quelle: D. Hosner/DAI

Dabei zählt jedes Indiz, jeder einzelne Begleitfund ist von großer Bedeutung. So weisen etwa Schafsknochen in einigen Gräbern darauf hin, dass nicht alle Männer jenes mysteriösen Volkes, das vor drei Jahrtausenden die Turfan-Senke bewohnte, Reiter waren. Einige unter ihnen scheinen offenbar Viehzüchter und Hirten gewesen zu sein. Andere Grabbeigaben verraten, dass die Menschen Landwirtschaft betrieben und Weizen anbauten – also zumindest zum Teil sesshaft waren. Fein gearbeitetes Werkzeug wie Streitäxte, Zaumzeug und Sattel belegen hoch entwickelte Handwerkstechniken, genau wie die Kleidungsstücke selbst.

Das erste Fazit: Diese Gesellschaft war ganz anders strukturiert, als es der landläufigen Vorstellung von Reiternomaden entspricht. Man müsse sich sowieso von den weit verbreiteten Klischees über nomadische Gesellschaften lösen, meint Wagner: „Die ständig herumreitenden und raubenden Nomadenhorden hat es wohl nie gegeben." Dafür spricht auch die Tatsache, dass die Bewohner der Turfan-Senke offenbar Fernhandel betrieben.

Die Chemikerin Annemarie Kramell von der Universität Halle-Wittenberg hat

An den Jacken, Röcken, Hosen oder wie hier einem Kaftan aus westchinesischen Grablegen werden die Forscher noch viele Jahre zu arbeiten haben. Und allein in Yanghai sind erst 531 von 3000 Gräbern freigelegt.

die Fasern und Farbstoffe der Kleidungsstücke im Gräberfeld von Yanghai untersucht. Sie vermutet, dass lokale Krapppflanzen zum Rotfärben von Fäden und Stoffen verwendet wurden. Für Blautöne benötigte man hingegen Indigo. Doch die Pflanze wächst in Indien und musste offenbar über Tausende Meter hohe Bergpässe importiert werden.

Krieger, Nomaden und Landwirte

Für Mayke Wagner steht fest: „Die Gräber von Yanghai lassen auf eine große sowohl Landwirtschaft betreibende als auch Vieh züchtende Gesellschaft schließen, von der wir kaum etwas wissen, außer dass die Menschen viel sesshafter waren als bisher gedacht.“ Wenn die Archäologen auch die Wohnorte der Bestatteten bis heute nicht kennen, ist Wagner überzeugt, dass diese „hoch entwickelte Staatsgesellschaft“ schon rund ein Jahrtausend lang bestand, als Alexander der Große an der Spitze seines Heeres um 329 v.Chr. Zentralasien erreichte.

Verglichen mit den prunkvoll ausgestatten Fürstengräbern der Skythen, die einige Jahrhunderte später und viele Kilo-

J. Zhou/DAI

Der Siegeszug der Hosen



M. Wagner/DAI

„So gut wie jeder kennt und trägt heute Hosen“, sagt die Modeschöpferin und Designforscherin Ulrike Beck, die für das Projekt „Silk Road Fashion“ unter anderem die Hosen des Manns aus Yanghai rekonstruiert hat (Bild rechts). Männer und Frauen tragen sie, alte und junge Menschen aus unterschiedlichen Kulturen und sozialen Schichten – Hosen sind heute weltweit selbstverständlich. Ihren Anfang nahm diese Erfolgsgeschichte vor rund 3200 Jahren in der Turfan-Senke in Westchina mit professionellen Reitern. Benachbarte und nachfolgende Steppenvölker übernahmen das praktische Kleidungsstück, mit dem es leichter und bequemer war zu reiten. Bei den Griechen und Römern galten die Beinkleider als typisch barbarisch. Den Sprung nach Europa schafften sie trotzdem. Kelten und – wohlgemerkt – Keltinnen waren im 8. Jahrhundert v.Chr. die ersten auf unserem Kontinent, die Hosen anhatten. Wahrscheinlich hatten sie die Mode von den Skythen übernommen und gaben sie an die Germanen weiter. In der Spätantike setzte sich das Kleidungsstück allmählich auch im Imperium Romanum durch. Im Mittelalter entwickelte sich das Beinkleid mehr oder weniger zum Standard der abendländischen Männerkleidung. Im Orient hingegen hatte man sich zu jener Zeit längst daran gewöhnt, dass Frauen wie Männer Hosen trugen.



Der Friedhof von Yanghai liegt in einer Geröllebene. Die Menschen bestatteten dort über 1400 Jahre lang ihre Toten. Sie legten sie am Boden eines Schachts nieder, der anschließend mit Lehmziegeln überdeckt wurde (oben). Durch die extreme Trockenheit blieben in den Grablegen Textilien und auch Holz sehr gut erhalten (unten).

M. Wagner/DAI (3)



Weitgereiste Flicken

Ein trauriger Fund, den chinesische Archäologen 1984 im Autonomen Gebiet Xinjiang machten: Bei Sampula fanden sie das Massengrab von über 130 Männern und Frauen. Sie waren vor mehr als 2000 Jahren Opfer eines Überfalls geworden. Hinweise darauf, wer die Menschen waren, gaben die erhaltenen Kleidungsstücke. Als besonders aufschlussreich entpuppte sich eine aus Flicken zusammengenähte Hose. Auf einem Stück erkannten Kunsthistoriker das Porträt eines griechischen Kriegers. Auf einem anderen Flicken ist ein Kentaur zu sehen – ein Mischwesen, halb Mensch, halb Pferd, aus der griechischen Mythologie (unten rechts). Die Restauratoren zerlegten die Hose in ihre Einzelteile und fügten diese wieder zu ihrer ursprünglichen Form zusammen. Das Resultat überraschte: Der griechische Kopf gehörte zu einem lebensgroß dargestellten Krieger (unten links) und war offensichtlich einst Teil eines Wandteppichs. Die Experten vermuten, dass das Stück in einer der griechischen Städte Baktriens entstand, die Alexander der Große oder ein Nachfolger des Makedonen gegründet hatte. Der Teppich könnte dort die Wand eines Palastes geschmückt haben. Aus Schriftquellen wissen Historiker, dass Baktrien um 145 v.Chr. von zentralasiatischen Steppenreitern – mög-licherweise den Saken – angegriffen wurde, die brandschatzend durch das Land zogen. Es bleibt zwar Spekulation – aber vielleicht fand ein Angreifer Gefallen an dem Teppich, nahm ihn mit und schneiderte später eine Hose daraus. Sie und ihr Besitzer endeten in einem Grab bei Sampula, als Opfer eines weiteren Überfalls.



Museum der Autonomen Region der Uiguren, Archäol. Institut Xinjiang 2001, S. 188-189. (2)

meter weiter westlich am Schwarzen Meer herrschten, war die Ausstattung der rätselhaften Steppenreiter im Tarim-Becken recht ärmlich. „Die Krieger von Yanghai waren zwar die berittene Kriegerelite ihrer Gemeinschaft, zugleich aber auch einfache Leute“, sagt die Archäologin. „Sie waren das bewegliche Element ihrer Gruppen.“ Nur wenn es die äußeren Umstände erforderten, schlossen sie sich zur Verteidigung oder zur Offensive zusammen.

Noch steht das 2013 gestartete „Silk Road Fashion“-Projekt am Anfang. Viele Fragen sind daher naturgemäß offen. Doch einer schenkten die Wissenschaftler ihre besondere Aufmerksamkeit. „Die Selbstverständlichkeit, mit der wir heute Kleidung tragen, lässt vergessen, welch geniale und innovative Leistung die Herstellung textiler Kleidung war“, sagt Wagner. „Vom Wollschaf zum Kaftan oder zur Hose zu kommen, verlangt Denkleistung und Planung.“ Es war technisches Knowhow nötig, um aus Wolle Fäden zu spinnen, daraus wiederum Tücher zu weben

Die Flammenden Berge im Rücken öffnet sich der Blick in die Turfan-Senke. Abflüsse aus den Bergen versorgen heute wie damals die trockene Ebene mit Wasser. Im Hintergrund: die moderne Oasenstadt Turfan.

und diese schließlich einem menschlichen Körper anzupassen.

Dabei ähnelt diese Entwicklung aus Sicht der Archäologin der Architekturgeschichte: Höhlen muss man finden, Häuser muss man errichten. Überhaupt muss zunächst die Idee geboren sein, Häuser zu bauen. Um sich in Felle zu hüllen, genügt es, erlegte Tiere zu häuten. Um Kleidung zu schneidern, bedarf es jedoch weit komplexerer Überlegungen und Fertigkeiten. „Den Prozess, diese mathematisch-technische Leistung nachzuvollziehen, steht im Zentrum unseres Projekts“, sagt Mayke Wagner.

Die hohe Kunst des Schneiderns

Ein weiterer Schwerpunkt ist die Frage, wie Leder verwendet wurde. Es war und ist nicht nur in Zentralasien ein universell einsetzbares Material. Die Archäologen untersuchen dazu Stiefel, Schuhe, Beinlinge, Mäntel, Kappen oder die für Bogenschützen typischen Armschützer. Bisheriges Ergebnis: Auch bei der Bearbeitung von Tierhäuten ist ein technischer Fortschritt zu erkennen. Die frühesten Stiefelschäfte etwa wurden nicht geschneidert, sondern die „Schuster“ bedienten sich einer natürlichen Form. Sie zogen den erlegten Tieren die Haut von den Schenkeln, gerbten diese und nutzten sie im Ganzen als Stiefelschaft. Erst nach und nach entwickelten die Handwerker die notwendigen Fertigkeiten, um Lederstücke zusammennähen und flicken zu können.

Was lapidar klingt, stellt einen entscheidenden Schritt in der kulturellen Evolution dar. Mayke Wagner vermutet, dass die Menschen nun „mehr Zeit mit der Erzeugung und Reparatur ihrer Kleidung verbrachten als mit der Suche nach Nahrung“. Kleidung diente nicht mehr nur zum Schutz oder war funktional, sie machte nun auch Leute. ●



HAKAN BAYKAL schätzt seine Hosen viel mehr, seit er weiß, wann, wo und wofür das Kleidungsstück erfunden wurde.

Mehr zum Thema

LESEN

Entdeckung und Erforschung der ältesten Hosen:
Ulrike Beck, Mayke Wagner, Xiao Li et al.
The Invention of Trousers and Its likely Affiliation with Horseback Riding and Mobility
Quaternary International 348, 2014, S. 224–235

Über die verwendeten Fasern und Farbstoffe:
Annemarie Kramell, Xiao Li, René Csuk et al.
Dyes of Late Bronze Age Textile Clothes and Accessories from the Yanghai Archaeological Site
Quaternary International 348, 2014, S. 214–223

Zur Flickenhose von Sampula:
Mayke Wagner, Bo Wang, Pavel Tarasov et al.
The Ornamental Trousers from Sampula
Antiquity 83, 2009, S. 1065–1075

INTERNET

Website des Silk Road Fashion-Projekts:
bridging-eurasia.org/de/node/295

„Mehr Mut zu Empfehlungen"



Alle Fotos: D. Ausserhofer

Mit 17 500 Mitarbeitern ist die Leibniz-Gemeinschaft eine der größten Forschungseinrichtungen in Deutschland. Dennoch ist sie vielen kein Begriff. Der neue Präsident Matthias Kleiner will das ändern.

Das Gespräch führte Wolfgang Hess

bild der wissenschaft: Leibniz hat Ihren Lebensweg geprägt. 1997 erhielten Sie den hochdotierten und in der Wissenschaft sehr angesehenen Leibniz-Preis. Seit dem Juli 2014 sind Sie Präsident der Leibniz-Gemeinschaft. Haben Sie denn schon die Grabstätte von Gottfried Wilhelm Leibniz in Hannover besucht?

Matthias Kleiner: Noch nicht. Da rühren Sie ein bisschen an mein schlechtes Gewissen. 2016 jährt sich der 300. Todestag des Universalgelehrten. Dieses Jahr werden wir zum Anlass nehmen, in vielfältiger Weise die Leistungen von Leibniz herauszustellen. Spätestens dann werde ich sein Grab besuchen, dessen Authentizität aber nicht zweifelsfrei ist.

In Ihrer Funktion spielen Sie sicher eine zentrale Rolle bei den Vorbereitungen zu diesem Jubiläum. Verraten Sie uns die Höhepunkte?
Nein. Diese Spannung müssen Sie noch ertragen.

Wissen Sie, wie viele Leibniz-Preisträger in den Leibniz-Instituten arbeiten?
Einige, wir liefern Ihnen die Zahl nach. *(Es sind 13.)*

Nach so viel Zurückhaltung Ihrerseits kommen jetzt die Fragen, die Sie in jedem Fall beantworten können. Wie haben Sie sich auf das Präsidentenamt vorbereitet, für das Sie bereits im April 2013 nominiert worden sind?
Ich habe mit vielen Menschen innerhalb und außerhalb der Leibniz-Gemeinschaft gesprochen, um herauszufinden, wie sie diese wahrnehmen. Dabei habe ich auch gesehen, dass einige ein längst überholtes Bild von der Gemeinschaft haben. Das Leibniz-Netzwerk ist heute viel mehr als eine zufällig zusammengesetzte Interessengemeinschaft. Sicher, die disziplinäre Vielfalt ihrer Mitglieder ist groß. Darin liegt aber gerade das Alleinstellungsmerkmal, das die Leibniz-Gemeinschaft in die Lage versetzt, kooperativ und übergreifend wissenschaftlich zu arbeiten und zu forschen.

Gab es denn auch mal die Phase, in der Sie sich gesagt haben, ‚lieber nicht'?
Ich habe eher rasch erkannt, dass mir meine Erfahrungen als früherer Präsident der Deutschen Forschungsgemeinschaft, DFG, in der neuen Funktion hilfreich sein werden und dass sich mir mit der Leibniz-Gemeinschaft eine spannende weite Welt erschließen wird.

Was ist denn der Hauptunterschied zwischen der DFG und Leibniz?
In der Leibniz-Gemeinschaft betreiben 89 Institute, Museen und Infrastruktureinrichtungen Forschung. Die DFG dagegen fördert Forschung finanziell. Das ist der Unterschied. Ähnlich ist, dass beide nicht top down, sondern bottom up – also von der Basis her – organisiert sind. Auch die Nähe zu den Universitäten haben sie gemeinsam – bei uns in der engen Kooperation, in der DFG durch die Förderung, die zu etwa 85 Prozent dorthin geht.

Einige Institute, etwa das ifo Institut und dort vor allem Hans-Werner Sinn, sind in der Bevölkerung bestens bekannt. Aber nur die wenigsten wissen, dass der richtige Name „ifo Institut – Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung an der Universität München e.V." lautet.
Ja, das Leibniz-ifo und auch das Leibniz-DIW, das Deutsche Institut für Wirtschaftsforschung, gehören zu uns. Von den 89 Instituten führt etwa die Hälfte Leibniz im Namen, bei den anderen werden wir sukzessive die Zugehörigkeit deutlicher machen. Natürlich sind unsere Institute für sich als herausragende Marken bekannt, und wir werden darauf achten, dass diese Marken von der Leibniz-Identität profitieren.

Die Max-Planck-Gesellschaft steht in der Öffentlichkeit für ausgezeichnete Grundlagenforschung, Fraunhofer brilliert durch europaweit herausragende angewandte Forschung. Für was steht Leibniz kurz und knapp?
Wir stehen für kooperative Wissenschaft. Wir stehen für die inspirierende Wechselwirkung von erkenntnisgetriebener Grundlagenforschung höchster Qualität und Anwendungsorientierung mit gesellschaftlicher, ökonomischer und ökologischer Relevanz. Unsere Institute haben eine langfristige Mission, die über die individuelle wissenschaftliche Perspektive hinausgeht. Wir widmen uns gesellschaftlich wichtigen Forschungsthemen wie Biodiversität, Nanosicherheit oder Bildungspotenziale – vor allem in den transdisziplinären Leibniz-Forschungsverbünden. Wir kooperieren mit den Universitäten vor allem in den thematisch angelegten Leibniz-WissenschaftsCampi. Und wir sind so gut wie jede Woche in den abendlichen Hauptnachrichten und so gut wie jeden Tag in den Zeitungen präsent, wenn es um Themen hoher gesellschaftlicher Relevanz geht. Die Leibniz-Politikberatung ist sehr gefragt.

Wir sind fast jeden Tag in den Zeitungen

Welchen Handlungsspielraum hat der Präsident Kleiner? Können Sie denn auf aktuelle gesellschaftliche Herausforderungen wie Ebola, die Flüchtlingsproblematik oder weltwirtschaftliche Entwicklungen wirklich rasch wissenschaftliche Antworten liefern?
Auf Tagesfragen kann die Wissenschaft in der Leibniz-Gemeinschaft mit Expertise aus ihrem Wissensfundus und mit verfügbaren Methodiken und Infrastrukturen reagieren. Dies kann der Leibniz-Präsident anregen und unterstützen – etwa zur Politikberatung. Das läuft bei uns auch schon sehr gut in der Unabhängigkeit der Institute. Substanzielle, interdisziplinäre Forschung zu Themen, die über eine Reihe von Jahren gesellschaftlich relevant bleiben werden, braucht mehr Zeit, auch zur gemeinsamen Identifizierung, Entscheidung und Vor-

bereitung. Und wir werden unsere Agenda nicht alle zwei Jahre wechseln. Doch wir werden sie, etwa bei unseren Leibniz-Forschungsverbünden, alle paar Jahre mit Blick auf Qualität, Aktualität und Aktivität überprüfen. Das machen wir schon allein deshalb, um zu erkennen, ob ein Thema das Ende des Bogens erreicht hat oder ob es neu justiert werden muss.

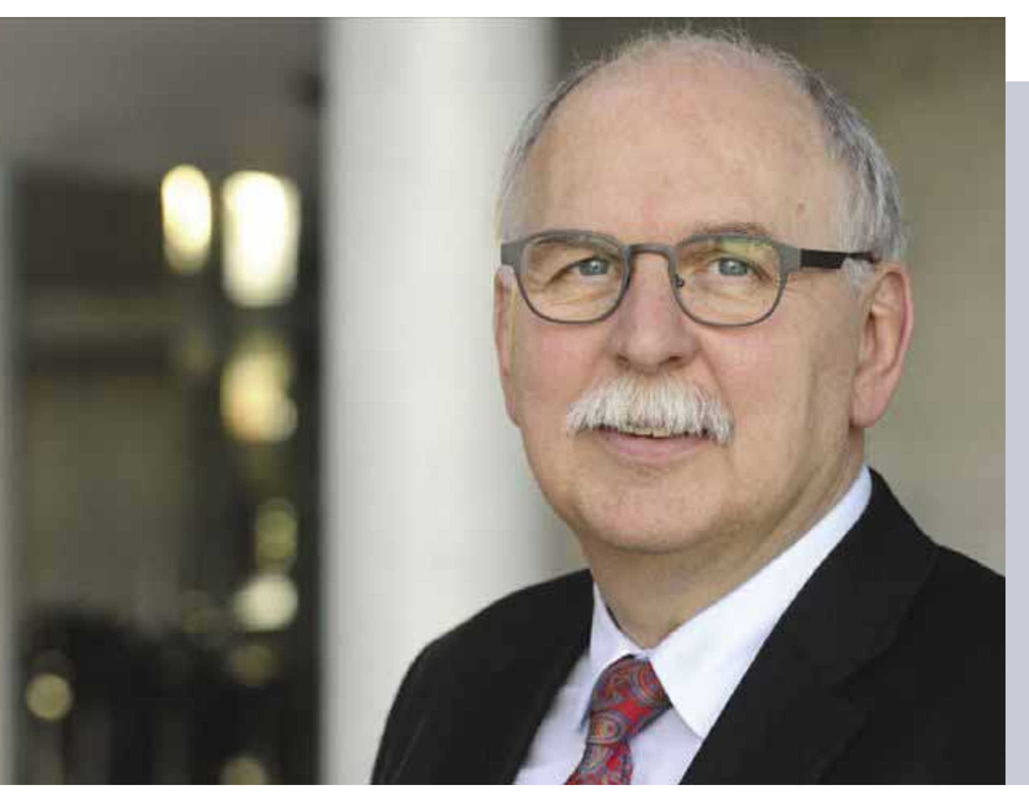
Sind Sie auch in der Lage, Institute zu schließen, wenn das eine Evaluation nahelegt?
Nein. Und das möchte ich auch nicht. Solche Entscheidung können nicht auf – gelegentlich ja auch vermeintlichen – Weisheiten eines Einzelnen beruhen, um das salopp zu sagen. Wir wissen doch alle, dass komplexe Systeme sich nicht erfolgreich top down und zentral steuern lassen, sondern dass man gut beraten ist, auf Dezentralität und Selbstorganisation zu setzen.

Und was geschieht, wenn die Selbststeuerung versagt?
Die Institute werden alle sieben Jahre von einer unabhängigen Kommission streng evaluiert, die ihre Qualität analysiert. Danach gibt der Senat der Leibniz-Gemeinschaft eine Empfehlung an die Wissenschaftspolitik ab, ob und wie ein Institut in der Bund-Länderfinanzierung weiter gefördert werden soll. In der Vergangenheit haben sich die politischen Entscheidungen weitestgehend an unsere Empfehlungen gehalten.

Welche Leibniz-Institute wurden seit 1995 geschlossen?
Seit 2001 ist der Senat der Leibniz-Gemeinschaft mit ihrer Evaluierung betraut und hat in fünf Fällen die Beendigung der gemeinsamen Förderung empfohlen. Das beweist, welch besonders strenges Evaluierungssystem bei uns herrscht.

In keiner anderen bundesweit agierenden Forschungseinrichtung gibt es – öffentlich ausgetragen – so unterschiedliche Auffassungen wie unter Leibniz-Chefs. ifo-Präsident Hans-Werner Sinn, ein Ökonom, äußert seit Jahren vernichtende Kritik an CO_2-Zertifikaten. Der Stellvertretende Direktor des Potsdam-Instituts für Klimafolgenforschung, Ottmar Edenhofer, auch Ökonom, erklärt in Ihrem Leibniz-Journal den europäischen Emissionshandel in gewissem Sinn für ‚durchaus erfolgreich'. Untergräbt eine solche Kontroverse das von Ihnen angestrebte Image der Leibniz-Gemeinschaft?
Für mich ist es wunderbar, dass wir eine solche Vielfalt an wissenschaftsbasierten Meinungen und Schlussfolgerungen innerhalb der Leibniz-Gemeinschaft haben.

Das mag für den Präsidenten und einen Wissenschaftler wunderbar sein. Aber die



Matthias Kleiner

ist seit Juli 2014 Präsident der Leibniz-Gemeinschaft (Etat: 1,5 Milliarden Euro, 17 500 Beschäftigte, darunter 8800 Wissenschaftler an 89 Instituten). Kleiner hat Maschinenbau an der Universität Dortmund studiert, wo er auch promovierte und 1991 habilitierte. Von 1994 bis 1998 entwickelte er den Lehrstuhl für Konstruktion und Fertigung an der Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus. 1998 wurde er an die Universität Dortmund auf den Lehrstuhl Umformtechnik berufen. Dort leitete er ab 2004 das neu gegründete Institut für Umformtechnik und Leichtbau. Von 2007 bis 2012 war der gebürtige Recklinghausener (*1955) Präsident der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG). Im Frühjahr 2011 leitete er als Co-Vorsitzender die Ethikkommission für eine sichere Energieversorgung.

Bürgerinnen und Bürger begreifen eine solche Diskrepanz oftmals nicht. Wer sich von der Wissenschaft Handlungsempfehlungen erhofft, sieht sich im Stich gelassen.
Das Ganze hat verschiedene Dimensionen. Einmal die, dass es wissensbasierte Schlussfolgerungen gibt, die dennoch mit Unsicherheiten verbunden sind. Unterschiedliche Wissenschaftler können aufgrund derselben Fakten zu unterschiedlichen Ergebnissen kommen. Und wir Wissenschaftler müssen mehr Mut haben, solche Schlussfolgerungen und Handlungsempfehlungen auszusprechen, auch wenn wir nur zu 90 Prozent sicher sind. Wir müssen dann aber auch diese Unsicherheit transparent auf den Tisch legen.

Sie sind demnach der Meinung, dass Wissenschaftler in der Öffentlichkeit deutlicher werden sollten, als sie es gegenwärtig sind?
Die Zeiten des Elfenbeinturms, als wir Wissenschaftler uns etwas außerhalb der Gesellschaft fühlten und alles aus einer erhabenen Perspektive betrachteten, sind nun wirklich vorbei. Wenn Sie eine Bildungsrepublik verwirklichen wollen, wenn Sie eine Wirtschaft haben, die zu mindestens zwei Dritteln auf neuem Wissen aufbaut, wenn Sie Studienanfängerquoten um die 50 Prozent eines Geburtsjahrgangs haben, können sich die Wissenschaftler nicht mehr auf den Standpunkt eines neutralen Beobachters zurückziehen.

Doch Wissenschaftler sind nach wie vor in Talkshows eine Rarität. Warum ist das so, Herr Kleiner?
Talkshows sind so komponiert, dass es eher nicht auf die Fachkompetenz der Mitwirkenden ankommt, sondern auf bekannte Gesichter. Gesichter, die Unterhaltungswert haben und bei denen nicht abgeschaltet wird. Deshalb gibt es auch nur eine kleine Gruppe von Personen, die dort immer wieder auftauchen und zu ganz unterschiedlichen Themen reden – unabhängig davon, ob sie nun kompetent sind oder nicht.

Und das bieten Wissenschaftler nicht?
Sie sind meist unbekannt. Laut Medienanalysen führt das offenbar dazu, dass Zuschauer rascher ins nächste Programm zappen. Nur einige Wissenschaftler, oder Wissenschaftsjournalisten wie der von mir sehr geschätzte Ranga Yogeshwar, schaffen es, Prominenz mit Kompetenz zu verbinden.

Wer in der Wissenschaft Karriere machen will, muss vieles hintanstellen. Auch die Gründung einer Familie ist schwierig, weil junge Wissenschaftler an Universitäten häufig nur Zeitverträge – ähnlich Schauspielern oder Kellnern – erhalten. Kann und will der Präsident in seiner Gemeinschaft daran etwas ändern?
Die Leibniz-Gemeinschaft hat sehr früh Karriere-Leitlinien entwickelt. Wir bieten eine gute Balance zwischen der notwendigen Dynamik in der wissenschaftlichen Qualifizierungsphase und einem Maximum an Beschäftigungssicherheit in dieser Phase, die von den Leibniz-Einrichtungen spezifisch gestaltet und umgesetzt wird. Wer nach der Promotionsphase in der Wissenschaft bleiben will, bekommt zunehmend die Perspektive, sich für eine sogenannte Tenure-Track-Laufbahn zu qualifizieren, die in eine Dauerstelle mündet. Manches wäre allerdings noch zu verbessern, wenn der politische Wille da wäre. Ein Punkt wäre beispielsweise, flachere Hierarchien zu schaffen. Oder das traditionelle Denken in Stellen- und Haushaltsplänen in ein zukunftsfähiges Wirtschaften auch in der Wissenschaft umzumünzen.

Wir sollten weniger auf Auszeichnungen blicken

Sie sind als Präsident auf vier Jahre gewählt. Welche Ziele wollen Sie bis 2018 erreicht haben?
Dass Fragen wie ‚Was macht die Leibniz-Gemeinschaft?' und ‚Was macht die Leibniz-Gemeinschaft aus?' weit weniger häufig als heute gestellt werden.

Sie bauen darauf, dass 2018 viele der gerade gestellten Fragen überflüssig sind?
Genau.

Im aktuellen Leibniz-Journal sprechen Sie sich in einer Kolumne dafür aus, die Titelhuberei – um es zugespitzt zu sagen – bei der Vorstellung von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern drastisch zu reduzieren. Wie kam das denn bei Ihren Professorenkollegen an?
Bisher erhielt ich nur Zustimmung. Vielen Wissenschaftlern spricht meine Stellungnahme offenbar aus der Seele. Auf keinen Fall will ich die Titel abschaffen. Doch wir sollten uns mehr auf unsere Leistung konzentrieren und weniger darauf, welche Auszeichnungen wir wofür bekommen haben. Natürlich ist es für einen Doktoranden wichtig, offensiv mit seinem neuen Grad umzugehen und so zu dokumentieren: ‚Ich habe etwas geleistet.'. Ich persönlich empfinde es als gute akademische Gepflogenheit, Titel wegzulassen, wenn sie jeder hat. Und ich mag es, dass man sich bei internationalen Konferenzen im Englischen nur mit dem Vornamen anspricht. ●

Genie, Provokateur, Angeber

Leben ist für den umstrittenen Gen-Forscher Craig Venter nichts als ein digitaler Code. Jetzt hat er ein packendes Buch über sich und seine wegweisende Forschung geschrieben.

Wenn ein Dickkopf wie Craig Venter sich etwas vornimmt, dann schafft er es auch. Das war so, als er im Jahr 2000 das menschliche Erbgut schneller entzifferte als alle anderen, und auch, als er 2010 der staunenden Welt den ersten „synthetischen Organismus" präsentierte. Das winzige Bakterium der Gattung Mycoplasma war zwar nur die künstliche Blaupause einer natürlichen Vorlage, dennoch sehen viele darin eine Zeitenwende in der Biologie. Der Mensch wird in Person von Craig Venter zum Schöpfer, der die Mittel hat, Lebewesen nach seinen Vorstellungen zu gestalten.

Über den Wissenschafts-Berserker wurde viel geschrieben, und schon deshalb ist es spannend zu lesen, wie er selbst über sich und seine Forschung denkt. Ausführlich beschreibt Craig Venter die Hindernisse, die er auf dem Weg zur synthetischen Lebensform überwinden musste. Und er berichtet auch von den Rückschlägen und Umwegen, die er wählte, weil sich die Natur nicht immer seinen Vorstellungen fügte. Der Leser schaut dem Spitzenforscher nicht nur bei der Arbeit über die Schulter, er liest auch dessen Gedanken, in denen sich wissenschaftliche Genialität mit Selbstüberschätzung verbindet.

Craig Venter liebt die Provokation. Gott erklärt er kurzerhand für überflüssig und stellt sich vor, wie seine persönliche Erbinformation als digitale Sequenz durch das Weltall rast. Dazu bräuchte es lediglich einen Sender, der stark genug ist, um Radiowellen durch die Atmosphäre zu schicken, spekuliert er. Irgendwann und irgendwo könnten Außerirdische die Nachricht empfangen, den Code entschlüsseln und dank dieser Information ihren eigenen Craig Venter klonen.

Der Gen-Forscher stellt sich in seinem Buch in eine Reihe mit seinem Vorbild, dem Physiker Erwin Schrödinger, und anderen Großen der Wissenschaft und der Philosophie. Dabei offenbart sich ein nicht unbedingt sympathischer, aber vielschichtiger Charakter, ein Quer- und Vorausdenker. Doch man muss Venter nicht zustimmen oder ihn gar mögen, um dieses Buch mit Gewinn zu lesen. *Michael Lange*



Craig Venter
LEBEN AUS DEM LABOR
Die neue Welt der synthetischen Biologie
S. Fischer, Frankfurt am Main 2014
304 S., € 19,99
ISBN 978–3–10–087202–9
E-Book für € 17,99
ISBN 978–3–10–403186–6



Gemeinsam schlau

Sie ist in aller Munde, die „Schwarmintelligenz". Die Idee dahinter: Viele mäßig intelligente Mitentscheider gelangen gemeinsam zu einer weit besseren Lösung als ein Einzelner. Diese Strategie hilft sozialen Tieren schon lange bei der Problemlösung – zum Beispiel Bienen.

Thomas D. Seeley, Neurobiologe an der Cornell-Universität, untersucht seit seiner Studentenzeit, wie ein Bienenschwarm „demokratische" Entscheidungen fällt. Für die Tiere ist es zum Beispiel überlebenswichtig, welchen Nistplatz der Schwarm bezieht. Denn bei der falschen Wahl drohen Kälte- oder Hungertod. Deshalb tragen die Bienen eine Fülle von Alternativen zusammen, prüfen sie und „diskutieren" per Schwänzeltanz so lange, bis sie sich einig sind.

Aus der Perspektive eines neugierigen und gewitzten Naturburschen führt Seeley den Leser durch den Besuch von Bienenstöcken und Uni-Gärten an seine Ergebnisse heran. Den Einfallsreichtum, den seine Forschung braucht, zeigt er auch bei den eingestreuten Grafiken und Episoden. So erfährt der Leser, dass der Kalte Krieg 1981 fast zu einer Katastrophe geführt hätte, weil US-Experten Bienenexkremente für Rückstände russischer Chemiewaffen hielten – eine fatale Verwechslung, die Seeleys Forschung aufklären konnte.

Was Politiker von Bienen lernen können: „Ein offener, fairer Wettbewerb der Ideen ist eine kluge Lösung der Aufgabe, eine Entscheidung (…) zu fällen."
Felix Austen

Thomas D. Seeley
BIENENDEMOKRATIE
S. Fischer, Frankfurt am Main 2014
320 S., € 22,99
ISBN 978–3–10–075138–6
E-Book für € 19,99
ISBN 978–3–10–401716–7

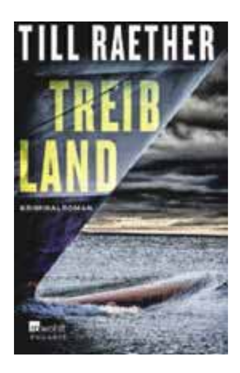


Kamikaze hinterm Nabel

Viren und Bakterien gelten als üble Krankmacher, die man am besten schnell wieder loswird. Doch es gibt auch Mikroorganismen, die unverzichtbar zum menschlichen Körper gehören. Dieses „Biom“ besteht aus rund 100 Millionen Mikroben – das ist zehn Mal so viel, wie wir körpereigene Zellen haben. Vor allem im Darm, im Mund und auf der Haut tummeln sich die winzigen Untermieter. Sie helfen nicht nur bei der Verdauung und beugen Infektionen vor, sondern können auch vor Krebs, Asthma oder Schlaganfall schützen. Auf der anderen Seite richtet das Biom, wenn es in Schieflage gerät, erheblichen Schaden an. So steht es im Verdacht, an der Entstehung vieler Krankheiten beteiligt zu sein, von chronischer Darmentzündung bis zu Autismus und Depression.

Der Biologe und Journalist Sebastian Jutzi hat die umfangreiche Literatur zum Thema gründlich gesichtet. Sein Buch gibt den Stand der Forschung umfassend wieder. Dass der Leser trotz der vielen Infos bei der Stange bleibt, dafür sorgen flotte Kapitelüberschriften wie „Kamikaze hinterm Nabel“ oder „Die Mikrobe der menschlichen Dummheit“ und eine nette Erzählgeschichte jeweils am Anfang des Kapitels. Eine Zusammenfassung jeweils am Ende erleichtert das Verständnis. Ab und zu stolpert der Leser zwar über lange lateinische Namen für die Untermieter des Menschen, denn die wenigsten haben einprägsame Namen wie Floh oder Wanze. Dem Verständnis tut das aber keinen Abbruch. *Klaus Jacob*

Sebastian Jutzi
DER BEWOHNTE MENSCH
Heyne, München 2014, 336 S., € 12,99
ISBN 978–3–453–60307–3
E-Book für € 9,99
ISBN 978–3–641–13422–8



Mord an Bord

Der Tote sah schrecklich aus. Er war an einer Infektion mit einem Virus vom Ebola-Typ gestorben, bei dem sich die Blutgefäße auflösen. Aber wie konnte er sich auf einer Kreuzfahrt von England nach Hamburg mit einem tropischen Krankheitserreger infizieren? Die Kommissare Adam Danowski und Andreas Finzel und die Rechtsmedizinerin Kristina Ehlers tippen auf Mord. Nur wie und warum ist völlig unklar und für die Drei auch schwer zu ermitteln, denn das Hamburger Bernhard-Nocht-Institut – zuständig für die Bekämpfung von tropischen Seuchen – hat den Kreuzfahrer unter Quarantäne gestellt. Kein Passagier oder Besatzungsmitglied darf an Land gehen. Wer ermitteln will, muss durch eine Sicherheitsschleuse und auf dem Schiff einen Hochsicherheitsanzug tragen. Normale Zeugenbefragungen sind in dieser „Astronautenausrüstung“ natürlich kaum möglich. Aber der Kommissar muss seinen Anzug nicht lange tragen, denn auf einmal hat seine Schutzkleidung ein Loch, und er muss an Bord bleiben. Er ist nun auf sich allein gestellt – und auf einem Schiff können leicht Unfälle passieren …

Till Raether hat einen spannenden Krimi geschrieben, der ganz nebenbei gründlich recherchiertes Wissen über Viren und Seuchenbekämpfung vermittelt – und durch die aktuellen Ereignisse erschreckende Brisanz bekommt.
Thomas Willke

Till Raether
TREIBLAND
Rowohlt, Reinbek 2014, 496 S., € 14,99
ISBN 978–3–499–26708–6
E-Book für € 12,99
€ 978–3–644–50361–8
Hörbuch mit 6 Audio-CDs:
Argon Auerländer Audio, 420 Min., € 19,95
ISBN 978–3–8398–1284–6

DU SCHAFFST DAS!
Ein Ratgeber, der Studierenden Hilfestellung gibt, wie sie am besten lernen und sich am effizientesten auf Prüfungen vorbereiten – und bei allem Stress auch Freizeit haben. Entstanden ist das Buch aus der Arbeit mit Hunderten von Examenskandidaten. *ua*



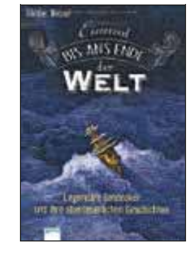
Andreas Böss-Ostendorf,
Holger Senft
ALLES WIRD GUT
Barbara Budrich/UTB,
Opladen 2014, 225 S., € 14,99
ISBN 978–3–8252–4139–1

RUDOLPH & CO
Eine kuriose, lehrreiche und begeisternde Geschichten- und Bildersammlung über das Rentier. Der Autor hat jahrelang auf zahlreichen Reisen rund um die Welt alles zusammengetragen, was er über die dicknasigen Trughirsche herausfinden konnte. *ua*



Bernhard Wagner
IM REICH DER RENTIERE
Lindemanns Bibliothek/
Info Verlag, Karlsruhe 2014
520 bebild. S., € 24,80
ISBN 978–3–88190–696–8

REISEN INS ABENTEUER
16 beeindruckende Porträts berichten von großen Entdeckern und ihren Expeditionen – mit Zitaten aus Reiseberichten, Routenkarten und Zeittafeln. Ein Buch für wissbegierige Leser ab 12 Jahren. *ua*



Günther Wessel
EINMAL BIS ANS ENDE
DER WELT
Arena, Würzburg 2014
223 S., € 14,99
ISBN 978–3–401–06653–0

Bücher bestellen

Alle in bild der wissenschaft besprochenen Bücher erhalten Sie zu Originalpreisen bei:
Medienservice Konradin GmbH
Postfach 10 03 53, 70747 Leinfelden
Telefon 0711-71 92 45 80
Telefax 0711-71 92 44 44

Technik + Kommunikation

KAUM ZU GLAUBEN

Nur wer lacht, zahlt

Wofür Gesichtserkennungssoftware doch alles gut sein kann: Der Kabarett-Club „Teatroneu“ in Barcelona hat damit eine besonders pfiffige Idee verwirklicht: Die Vorstellungen kosten zunächst keinen Eintritt, sondern in die Lehnen der Stühle sind Tablets mit einem speziellen Programm integriert. Erkennt diese Software, dass man herzhaft lacht, sind 30 Cent fällig. Der Höchstbetrag, den ein Besucher berappen muss, liegt bei 24 Euro. Wer also 80 Mal gelacht hat, darf sich kostenlos weiter vergnügen.

VIELVERSPRECHEND

Blutkreislauf als Vorbild

80 Prozent des Sonnenlichts in Energie umwandeln – das kann eine neue Photovoltaik-Technologie, die das schweizerische Unternehmen Airlight Energy und der IT-Konzern IBM entwickelt haben. Die entstehende Wärme verpufft dabei



Airlight Energy/dsolar

Sonnenhungrige Spiegel des neuen High Concentration Photovoltaic Thermal Systems.

nicht einfach in die Atmosphäre: Eine innovative Heißwasserkühlung schützt die Anlage vor Überhitzung und hilft, die thermische Energie zu nutzen – zur Trinkwasseraufbereitung oder zur Erzeugung von Kälte für die Klimatisierung. Die Technologie, die ursprünglich für die Kühlung von Supercomputern entwickelt wurde, ist dem verzweigten Blutsystem des Menschen nachempfunden.

Internetkenntnisse in Prozent der Einwohner

Rang	Land	Prozent
1	Island	77
2	Dänemark	71
3	Schweden	68
4	Finnland	64
5	Luxemburg	61
6	Litauen	59
7	Slowakei	58
7	Großbritannien	58
9	Niederlande	57
9	Norwegen	57
...		
17	Österreich	46
...		
27	Deutschland	38

bdw-Grafik; Quelle: BITKOM

AUF EINEN BLICK

Verloren im Internet

Nur 38 Prozent aller Deutschen verfügen nach einer Untersuchung der EU-Statistikbehörde Eurostat über mittelgute bis gute Internetkenntnisse. Abgefragt wurden Fertigkeiten wie die Bedienung einer Suchmaschine, der Versand von E-Mails oder die Beteiligung an Newsgroups. Unter den Europäern kennen sich die Isländer (77 Prozent) am besten mit dem Internet aus, gefolgt von den Dänen (71 Prozent) und Schweden (68 Prozent).

Wünsche und Werte im Ausverkauf

In seinem packenden Thriller „ZERO" hat Marc Elsberg gezeigt, wie manipulierbar wir alle durch Datensammler sind. Jetzt beschreibt er exklusiv in bild der wissenschaft, wie die Realität seine Fiktion überholt hat.

Ein Essay von Marc Elsberg

Was bisher geschah: Entmachtung

Ende Mai 2014 erschien mein Roman ZERO, in dem ich das Experiment eines Unternehmens namens Freemee beschreibe, das mittels Ratgeberprogrammen unbemerkt die Wertvorstellungen und Handlungen von Millionen seiner Nutzer steuert.

Eine Woche später veröffentlichte Facebook ein bereits 2012 durchgeführtes Experiment, in dem es heimlich die Emotionen Hunderttausender Nutzer manipuliert hatte. Die eine Hälfte bekam in der persönlichen Timeline vorwiegend negative Postings von Freunden gezeigt, die andere vorwiegend positive. Daraufhin posteten die „Negativempfänger" selbst eher negative Nachrichten und die „Positivempfänger" eher positive. Andere Experimente zeigen, dass Google und Facebook sogar Wahlen entscheiden können. Oder tun sie es bereits? Wir wissen es nicht. Das ist die höchste Stufe der Macht.

Die primitivste Form der Machtausübung ist Gewalt. Eleganter und in Demokratien üblich sind Regeln und Strukturen, denen die Menschen folgen. Foucault nennt dies Gouvernementalität. Auf der höchsten Stufe der Macht steuert jemand Gefühle, Wünsche und die daraus folgenden Handlungen anderer in seinem Sinn – und zwar ohne dass die Ohnmächtigen es bemerken. Frei nach dem Motto: „Lass sie glauben, es war ihre Idee." So wie Facebook die Emotionen seiner User.

Wie wurden solche Unternehmen binnen weniger Jahre so mächtig? So wie Machthaber aller Zeiten: Sie vernichteten die Privatsphäre. Dazu müssen sie uns heute nicht mehr durch Nachbarn oder Agenten bespitzeln. Stattdessen benutzen sie – und, wenn wir schon dabei sind, auch Geheimdienste und Behörden – Telefone, Computer, Leitungen, Kredit-, Bank-, Kunden-, Rabatt- und Vielfliegerkarten, GPS, Überwachungskameras, „Wearables" und immer mehr Sensoren in unserer Umwelt.

Unsere Welt wird komplett „sensorisiert". Das klingt nicht zufällig wie „zensuriert". Datensammel-, -analyse- und -handelsprogramme bewerten und verkaufen uns sekundenschnell an den Meistbietenden. Zivilisierte Gesellschaften ächten Leibeigenschaft, Sklaverei, Organ- und Menschenhandel als schwere Verletzung der Menschen-'würde. Warum lassen wir die nichtphysische Form zu? Der Trick: Diese Teile unserer Menschenwürde, nämlich unsere Gedanken und Wünsche, werden „Daten" genannt und so zu einem Produkt gemacht. Nennen wir es Menschendatenhandel.

Die meisten Menschen erkennen ihre Ohnmacht. Resigniert bemerken sie: „Ich kann ja nichts dagegen machen." Dabei haben wir ein System geschaffen, das dem Einzelnen Macht gibt: die Demokratie. Nicht zufällig fällt die rechtliche Etablierung der Privatsphäre zeitlich zusammen mit dieser historischen Machtverschiebung von einer kleinen Elite zu breiten Teilen der Bevölkerung.

Jetzt hat sich die Macht erneut verschoben, wieder zu einer kleinen Gruppe hin. Schon 2010 erklärte Googles Executive Chairman Eric Schmidt: „Wir wissen, wo du bist. Wir wissen, wo du warst.

In Marc Elsbergs Roman „ZERO" geht es um ein perfides neues Geschäftsmodell mit Ratgeber-Apps. Durch sie „optimieren" sich die Menschen freiwillig auf erschreckende Weise. Wollen wir wirklich so leben?



R. Frommann für bdw (2)

Wir wissen mehr oder weniger, woran du denkst." Was weiß Google 2015?

Wissen ist Macht. Deshalb dürfen sie alles über uns wissen, aber wir nichts über sie. Auf den dafür nötigen kommunikativen Trick fallen sogar Richter herein, etwa in einem BGH-Urteil zugunsten der Schufa Anfang 2014: Algorithmen und Bewertungsmodelle haben sie zu untrennbaren Teilen des Unternehmens, quasi seiner Seele, ernannt. Und die ist Geschäftsgeheimnis. Dasselbe gilt in etwas anderer Form für die Geheimdienste, über deren Instrumente wir auch nichts erfahren sollen. Quod licet Iovi, non licet bovi.

Der Staat besitzt die Regel- und Strukturmacht, doch Unternehmen die noch mächtigere Gedankenhoheit – und dank vermeintlich gratis zur Verfügung gestellter Suchmaschinen, Sozialer Netzwerke, Navigationssysteme, Ratgeberprogramme und zahlreicher anderer Alltagserleichterer auch die Mittel zur Massenmanipulation. Apples Smartwatch tippt Ihr Handgelenk schon an wie ein mahnender Finger. Das Gewaltmonopol des Staates ist das Gewaltmonopol jener Unternehmen, die Wahlen in diesem Staat entscheiden. Es wird Zeit, sich die Macht zurückzuholen!

Was jetzt geschieht: Schlussverkauf

Genau das soll uns ein neues Geschäftsmodell ermöglichen. Als ich es 2012 zu Beginn meiner Arbeit an ZERO entwarf, dräute es am realen Horizont, seit 2014 tauchen monatlich neue Anbieter auf wie Datafairplay, Datacoup, Handshake, Meeco oder Luth Research. Statt den Gewinn der Daten anderen zu überlassen, können wir unsere Daten nun selbst sammeln und verwerten. Manche Anbieter geben ihren Kunden dafür bereits 100 Dollar – pro Monat! Doch merken Sie etwas?

De facto öffnet das Modell lediglich den bislang nur Unternehmen zur Verfügung stehenden Datenhandelsmarkt für uns alle. Jetzt können wir uns selbst verkaufen. Ein Faust'scher Handel – „Lass sie glauben, es war ihre Idee" in Vollendung! Wie eine Figur aus „ZERO" bemerkt: „Datensouveränität ist auch nur ein Business-Modell".

Das zeigt, wovon wir eigentlich sprechen: nicht von der Macht neuer Technologien und ihrer Schöpfer. Wir sprechen von der Macht einer Ideologie – der altbekannten freien Marktwirtschaft. So frei, dass man wieder mit Menschen handeln darf. Kapitalismus at its best, Marcuses „eindimensionaler Mensch", Version 4.0.

Das zweite Erfolgsgeheimnis der neuen Kaiser: Definiere und beherrsche die Währung einer Gesellschaft. Unsere Wünsche, Träume, Wertvorstellungen und Taten sind eine berechenbare Kurve wie der Kurs einer Aktie. Handelbar sind Mut, Selbstbewusstsein, Gesundheit oder Familiensinn, und als nächstes sind natürlich Derivate darauf denkbar. Endlich besitzen Werte einen Wert!

In ZERO entwerfe ich als konsequente Weiterentwicklung bestehender geschlossener Systeme eine öffentliche Börse für den Handel dieser Werte. Das Produkt sind wir, die Währung sind unsere „Daten". Je bessere Daten wir liefern, desto wertvoller ist das Produkt „Ich". Welch ein Antrieb, sich laufend zu verbessern! „It's selfie time!", rufen die Kinder, zücken das Smartphone und trainieren ihr Kameragesicht. Immer populärer werden digitale Ratgeber zur Selbstverbesserung, die uns gesünder, leistungsfähiger und erfolgreicher machen sollen. Ja und, was soll daran schlecht sein, dass es uns besser geht?

Das hängt davon ab, was „besser" bedeutet. Woher wissen Sie, dass die Ratschläge wirklich in Ihrem Sinn sind? Facebook hat zugegeben, seine Nutzer zu Laborratten gemacht zu haben. Wessen Suchergebnisse zeigt uns Google wirklich? Wie errechnen die Schufa und andere Credit Rater unsere Kreditwürdigkeit – und entscheiden damit darüber, ob wir etwas kaufen dürfen oder nicht? „Dynamische Preisgestaltung" arbeitet längst mit individuellen Preisen für das gleiche Produkt – auch vor dem (digitalen) Regal sind wir längst nicht mehr alle gleich (viel wert). Warum empfiehlt Ihnen das Diätprogramm gewisse Nahrungsmittel wirklich? Führt uns das Navi auf dem schnellsten Weg ans Ziel – oder doch an einer Tankstelle der Kette vorbei, mit der der Navibetreiber einen Deal hat?



Übrigens: Der Verzicht auf Internet, Handy, Kundenkarten und Ratgebersoftware hilft nicht. Ich nenne das den Mineralwasser-Effekt: Zwischen lauter durchsichtigen Wassertropfen sind Luftbläschen umso besser sichtbar – und handelbar. Nur ihr Wert ist geringer.

Wir müssen uns Gedanken über die Technologien machen. Denn die können überaus nützlich sein, sogar Leben retten. Wesentlich intensiver nachdenken jedoch müssen wir über die Gesellschaftsform, in der wir leben und in der wir sie einsetzen wollen. Doch wie auch immer diese aussehen wird, die Technologien verändern sie, verschieben etwa Entscheidungs- und Verantwortungsstrukturen. Im selbstfahrenden Auto etwa muss bei einem Unfall nicht mehr der Lenker, sondern die Steuerungssoftware entscheiden, ob der Wagen in den Motorradfahrer links oder das Kind am Straßenrand rechts knallt. Muss sie natürlich nicht, sondern vorab der Programmierer. Und vor ihn setzt der Gesetzgeber – hoffentlich – den rechtlichen Rahmen, also letztlich wir Wähler in einer funktionierenden Demokratie, wenn wir noch in einer solchen leben.

Was machen dynamische Preisgestaltung und von Gesundheits-Apps überwachte Versicherungstarife mit einer Gesellschaft, die sich bislang an – einigermaßen – gleichem Recht für alle orientierte? Was werden wir mit Personen tun, die mit 80-prozentiger Wahrscheinlichkeit in den nächsten Stunden ein Verbrechen begehen? (In diversen Ländern ermordet man auf Basis solcher Programme per Drohne bereits Terrorverdächtige – oder Unschuldige.) Das sind nur einige Beispiele von vielen.

Was geschehen wird: Restmensch?

Moderne Programme lernen und entscheiden. Wir erleben den Advent der künstlichen Intelligenz. Auch in hochqualifizierten Berufen treten Menschen mittlerweile nicht mehr gegen Menschen an, sondern gegen Maschinen. In Schach und Jeopardy besiegten sie uns schon vor Jahren, Finanz- und Rechnungswesen, Militär, Medizin, Juristerei, Journalismus und andere übernehmen sie gerade. (Aus zahlendichten Datensätzen schreiben Programme in amerikanischen Nachrichtenagenturen bereits Wirtschafts- und Sportberichte.)

In der Industrialisierung haben wir das Handeln automatisiert und es weitestgehend den Maschinen übergeben. Mit der KI automatisieren wir nun das Denken und Entscheiden. Dabei müssen diese KI gar kein eigenes Bewusstsein entwickeln wie in Science-Fiction-Geschichten. Die schiere Menge und Komplexität der Systeme wird sie für uns unbeherrschbar machen. Immerhin ist die Machtfrage dann geklärt. Geben wir uns keinen Illusionen hin: „Kreativität, Empathie und andere urmenschliche Eigenschaften werden die Maschinen nie lernen“, glauben wir heute. So wie unsere Vorfahren meinten, Weben, Schustern, Schriftsetzen und derlei komplexe Tätigkeiten würden Maschinen nie beherrschen.

Wir reden von einer kopernikanischen Wende, die das Menschenbild zutiefst umgestalten wird – und damit unser Gesellschaftsmodell. Erwerbsarbeit? Demokratie? Selbstbestimmung? Bildung? Welche Rolle spielt der Mensch noch in diesem System? Wer definiert sie? Wir? Die Maschinen? Der derzeit beste Schachspieler ist ein Team aus KI und mehreren Menschen …

Marc Elsberg

ist das Pseudonym des österreichischen Schriftstellers Marcus Rafelsberger (*1967). Nach der Matura studierte er Industriedesign und arbeitete als Strategieberater und Kreativdirektor in der Werbebranche. Parallel schrieb er die Kolumne „Keine Anzeige von Marcus Rafelsberger“ für die Wiener Tageszeitung „Der Standard“. 2000 erschien sein erster satirischer Roman „Saubermann“, dem drei Krimis folgten. Der Durchbruch gelang Elsberg 2012 mit dem Thriller „Blackout“, in dem es um die Folgen eines flächendeckenden Zusammenbruchs der Stromversorgung geht. Das Buch stand auf der Bestsellerliste des Spiegel auf Platz 2, und die bdw-Jury wählte es zum **Wissensbuch des Jahres 2012** in der Kategorie Unterhaltung. Im neuen Thriller von Marc Elsberg „ZERO – Sie wissen, was du tust“ geht es um Big Data und Datenschutz. Er erreichte Platz 3 der Spiegel-Bestsellerliste und wurde von der bdw-Jury als **Wissensbuch des Jahres 2014** ausgezeichnet. Die Kritik lobte beide Bücher für die sorgfältige Recherche und den rasanten Plot.



Aus der Traum

Sonnenstrom aus der Sahara für Europa – daran glaubt heute kaum einer mehr. Doch südlich des Mittelmeers wird der Traum vom sauberen Wüstenstrom langsam Realität.

von Ralf Butscher



In in der Münchner Kaiserstraße werden Geschäftsräume in bester Lage frei. Die Desertec Industrieinitiative (DII) schließt dort ihr Büro. Fünf Jahre nach der Gründung ist der internationale Zusammenschluss von einst rund 50 Unternehmen am Ende. Die hinter „Desertec" stehende Vision einer Energieallianz zwischen Europa und Nordafrika hatte 2009 für enormes Aufsehen gesorgt, es gab sogar eine Titelgeschichte dazu in bild der wissenschaft. Besonders erstaunlich war, dass Solarkollektoren in der Sahara, konzentriert auf ein relativ kleines Gebiet von der Fläche Großbritanniens, theoretisch genügen sollten, um den Strombedarf der ganzen Welt zu stillen.

Das hatten Experten des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) berechnet. Sie lieferten damit die Basis für das Desertec-Konzept: Bis 2050 sollten Hunderte riesiger Solarkraftwerke in Nordafrika und im Nahen Osten so viel Strom aus Sonnenlicht gewinnen, dass sich damit nicht nur die Menschen dort versorgen, sondern zudem 15 Prozent des europäischen Stromverbrauchs speisen ließen – über Leitungen durchs Mittelmeer.

Ambitionierte Pläne beerdigt

In Hamburg wurde die Desertec Foundation gegründet, um für das Konzept zu werben. In München schlossen sich vier Dutzend Unternehmen zur DII zusammen, um Studien zu erstellen und konkrete Projekte zu erarbeiten. Doch inzwischen ist klar: So schnell wird kein Sonnenstrom aus der Sahara nach Europa fließen. Die hochfliegenden Pläne der DII wurden im Oktober zu Grabe getragen – und die Industrieinitiative löste sich nahezu in Wohlgefallen auf. Nur drei Unternehmen blieben bei der Stange: ein Energieversorger aus Saudi-Arabien, ein Netzbetreiber aus China und der deutsche Energiekonzern RWE. Sie wollen künftig Partner aus Nordafrika und Arabien bei Projekten zur Nutzung erneuerbarer Energien beraten.

Für Gerd Eisenbeiß kam diese Entwicklung nicht überraschend. „Ich habe zwar die Desertec-Initiative bewundert – wegen ihrer visionären Natur", sagt der Physiker, der in über 30 Jahren etliche leitende Positionen unter anderem im Bundesforschungsministerium, im DLR und am Forschungszentrum Jülich innehatte. „Doch die Initiative ist auf eine Schiene gelegt worden, auf der schon viele andere gestartet – und gescheitert – sind." Die Vorstellung, Energie für Europa in Afrika zu produzieren, kam jahrzehntelang immer wieder als Thema auf. „Schon in den 1970er-Jahren träumte man von Solarkraftwerken in Wüstenregionen", berichtet Eisenbeiß, der die Entwicklung „erneuerbarer Technologien" maßgeblich mit vorangetrieben hat. „Damals gab es auch die Idee, mit Solarstrom Wasserstoff

P. Langrock; xeniat100 - Fotolia; Montage: K. Marx



herzustellen, um ihn nach Europa zu bringen.“ In Zentralafrika sollte Wasserstoff aus Wasserkraft erzeugt werden – an einem riesigen Staudamm im Kongo. Doch keine dieser Vorstellungen wurde realisiert. „Letztlich scheiterten alle Projekte an den hohen Kosten“, sagt der inzwischen pensionierte Forschungsmanager. „Und so ist es auch bei Desertec.“



Solarkraftwerke wie dieses sollen Nordafrika mit Strom versorgen. Die Desertec-Initiative wollte sogar überschüssigen Strom nach Europa leiten. Doch daraus wird vorerst nichts.

In Studien war die Rede von 400 Milliarden Euro, um die Idee zu verwirklichen. „Und wer bei diesen Summen von einer ‚Investition‘ sprach, hatte nichts verstanden“, meint Eisenbeiß. Denn es ging dabei um einen längerfristigen Prozess. „Da sich aber die Investitionen nicht aus den normalen Strompreisen amortisieren würden, brauchte der Plan entweder staatliche Zuschüsse oder Garantien für dauerhaft überhöhte Strompreise, die in Nordafrika nicht zu realisieren sind.“

Die Europäer sollten zahlen

Daher, betont Eisenbeiß, musste man Europa in das Solarstrom-Konzept einbinden: „Die europäischen Verbraucher sollten für Strom aus Nordafrika einen überhöhten Preis zahlen – um zu ermöglichen, dass sich die eigentlich unwirtschaftlichen Solarkraftwerke und -netze dennoch rentabel betreiben lassen.“ Vorbild sollten Einspeisegesetze sein wie das deutsche EEG, um geschätzte Kosten von etwa 25 Cent pro Kilowattstunde mit den europäischen Börsenpreisen kompatibel zu machen.

Allerdings: „Es ließ sich kein Mäzen für das Projekt finden.“ Die EU-Länder waren dazu nicht bereit – zumal in Europa reichlich Fördermittel in den Aufbau einer dezentralen Stromversorgung aus Sonne, Wind und Biomasse fließen. Nach der Reaktorkatastrophe von Fukushima im Frühjahr 2011 hatte deren Ausbau Vorrang – ein teures Mammutprojekt wie Desertec stieß nicht mehr auf Begeisterung.

Den Unternehmen der Industrieinitiative bot sich keine Perspektive mehr für ein tragfähiges Businessmodell. Und der Arabische Frühling, der in Ägypten, Libyen und Tunesien die politischen Machtverhältnisse umkrempelte, verunsicherte die Firmen. „Es ehrt die Beteiligten, dass sie wieder mal versucht haben, die Vision vom Wüstenstrom für Europa zu verwirklichen“, sagt Eisenbeiß. „Doch sie hatten keine echte Chance.“ Das Grundkonzept hinter Desertec hält der Physiker aber weiter für sinnvoll – „sofern man sich darauf fokussiert, den Solarstrom in Nordafrika zu verbrauchen, statt ihn nach Europa zu leiten.“ Die Nutzung von Sonne und Wind biete eine exzellente Möglichkeit, die wachsende Bevölkerung sauber und klimaschonend mit ausreichend Energie zu versorgen. „Und ökonomisch ist es für die Länder lohnender, statt Solarstrom Öl oder Gas zu exportieren“, sagt Eisenbeiß.

Auch Claudia Kemfert sieht als vorrangiges Ziel, die Eigenversorgung in Nordafrika zu sichern. „Dazu auf erneuerbare Energien zu setzen, ist dort erschwinglich – zumal vor allem die Kosten für Photovoltaik- und Windkraftanlagen als Folge der deutschen Energiewende deutlich gesunken sind und weiter sinken werden“, sagt die Ökonomin und Energieexpertin am Deutschen Institut für Wirtschaftsforschung in Berlin. „Allerdings ist das ein langfristiges Projekt.“

Industrieunternehmen, bei denen vor allem aktuelle Quartalsergebnisse zählen, haben dafür in der Regel nicht den nötigen langen Atem. Doch trotz der Rückschläge spricht Kemfert bei Desertec nicht von einem Scheitern. „Es war von Anfang an ein großes Missverständnis – in den Medien und vielleicht auch bei einigen Projektbeteiligten –, dass so ein visionäres Konzept in kurzer Zeit realisierbar sei“, sagt die Wirtschaftswissenschaftlerin.

Tatsächlich hat sich schon viel bewegt. So begann in Marokko 2013 der Bau eines riesigen Solarparks. Die Anlage, die die solarthermische Technologie nutzt, soll Ende 2015 in Betrieb gehen. Dann wird das Kraftwerk mit 160 Megawatt Leistung rund eine halbe Million Menschen mit Strom versorgen können. Bis 2020 will Marokko fünf solche Kraftwerke mit insgesamt 2000 Megawatt Leistung ans Netz bringen, um den Anteil erneuerbarer Energien an der Stromversorgung des Landes auf über 40 Prozent zu steigern. Auch in anderen Ländern wie Algerien, Tunesien, Ägypten und Jordanien sind Solarkraftwerke geplant oder in Bau.

„Dass die Solarenergie im Sonnengürtel der Erde umfassend genutzt wird, ist eine historische und aus Klimaschutz-Gründen logische Entwicklung“, sagt Gerd Eisenbeiß. „Das wird so kommen.“ Claudia Kemfert ist sogar überzeugt, dass mittelfristig auch eine Kooperation zwischen Nordafrika und Europa wieder zum Thema wird. Das wäre für beide Seiten von Vorteil: In den stromproduzierenden Ländern würden die Kosten sinken, für die Europäer ließe sich die Abhängigkeit von Erdgas verringern und die Energie-Versorgungssicherheit verbessern. „Eine Verbindung von Europa und Nordafrika ist nicht tot“, meint die Energieexpertin.

Die Desertec-Initiative wird dazu nicht gebraucht. Auch die deutsche Industrie ist allenfalls als Zulieferer gefragt. Das Heft haben vor allem arabische Unternehmen in die Hand genommen. ●

Mehr zum Thema

LESEN

Titelgeschichte von bild der wissenschaft 3/2009:
„Sonnenstrom aus der Sahara“

INTERNET

Homepage der Industrieinitiative DII:
www.dii-eumena.com/de/home.html

Desertec-Stiftung:
www.desertec.org/de

DLR-Portal zu Desertec:
www.dlr.de/dlr/desktopdefault.aspx/tabid-10200



8 Entdecker dringend gesucht



Der Countdown läuft: 2014 geht zu Ende. Zum Abschluss des Jahres, in dem bild der wissenschaft sein 50. Jubiläum gefeiert hat, noch einmal ein Highlight für unsere Leser: Rätselspaß hoch 8 – und 50 Preise!

Text von Thorwald Ewe, Illustrationen von Hubert Warter

„Nenne den größten aller Erfinder: Es ist der Zufall", behauptete der amerikanische Schriftsteller und Journalist Mark Twain (1835 bis 1910). Damit adelte er die Kapriole eines Augenblicks zum Motor aller Innovation. Aber reicht es tatsächlich in der Wissenschaft, geduldig auf den glückhaften Zufall zu warten, um eine bedeutende Erfindung oder Entdeckung zu machen?

Sorry, Mr. Twain, dieses Mal hält die bdw-Redaktion das Zitat eines Ihrer europäischen Zeitgenossen für treffender: „Im Bereich der Beobachtungen bevorzugt der Zufall den vorbereiteten Geist." Das sagte der französische Mikrobiologe Louis Pasteur (1822 bis 1895), der diesen Effekt aus seinem eigenen Laboralltag kannte. „Vorbereitet" heißt hier: Ein Forscher erkennt nur dann etwas als ungewöhnlich und hinterfragenswert, wenn er über zweierlei verfügt – einen soliden Wissenshintergrund und eine stets hellwache wissenschaftliche Neugier.

Von der ganzen Bandbreite der Naturelle und Schicksale erzählen die folgenden acht Entdeckergeschichten in unserem Neujahrs-Gewinnspiel. Die Rätselfreunde unter Ihnen sind eingeladen, herauszufinden, um wen es sich jeweils handelt. Bei jeder der Entdeckergeschichten ist angegeben, welchen Buchstaben des gesuchten Nachnamens Sie benötigen. Aus den acht ermittelten Buchstaben, die Sie kräftig schütteln müssen, setzen Sie das Lösungswort zusammen. Es winken Ihnen attraktive Preise – welche, lesen Sie am Schluss der Rätselstrecke. Die Formalien der Teilnahme stehen auf Seite 94. Viel Spaß!

Noch ein kleiner Tipp: Das Lösungswort bezeichnet einen wahrhaft rätselhaften Ort.

1. Toller Klammertrick

Es gibt Leute, die ihre besten Ideen beim Spazierengehen bekommen. Bei diesem Schweizer Elektroingenieur war das anders: Er hatte die Idee seines Lebens, als er nach einer ausgedehnten Tour wieder zu Hause war – und, wie schon so oft, seine Hunde und sich selbst von Trittbrettfahrern befreien musste.

Diese unbeliebten Mitreisenden liest irgendwann jeder auf, der im Sommer querfeldein durch Wiesen und Waldlichtungen stromert. Man muss sich sorgsam absuchen und der Mühe unterziehen, sie wieder loszuwerden. Damit ließ es der Schweizer diesmal allerdings nicht bewenden. Er legte eines der lästigen Mitbringsel unters Mikroskop. Denn die Frage brannte in ihm, wie die es eigentlich schafften, unterwegs trotz aller Erschütterungen nicht vom Hund beziehungsweise vom Menschen zu fallen.

Der Blick durch das Okular löste einen Gedankenblitz in ihm aus. Er entdeckte nicht nur, mit welchem Instrumentarium die ungebetenen Gäste den Sturz von ihren Transportmitteln verhindern. Er hatte auch sofort eine fest umrissene Vorstellung, wie sich dies in eine Innovation umsetzen ließ. Der Begriff „Bionik" war noch gar nicht erfunden, als der damals 34-jährige Elektroingenieur den Grundgedanken dieser Disziplin in die Tat umsetzte: aus den Funktionsprinzipien der Natur neue technische Problemlösungen abzuleiten.

20 Jahre nach Spaziergang plus Geistesblitz liefen bereits Zehntausende von Kilometern eines Materials aus den Fertigungsmaschinen, das heute aus dem



Alltag nicht mehr wegzudenken ist – nicht einmal aus dem Alltag der Astronauten. Wie heißt der Nachname des scharfsinnigen Spaziergängers? Bitte entnehmen Sie ihm den vierten Buchstaben für die Komposition des Lösungswortes.

2. Ziemlich abgehoben

Hartnäckig hing der Ingenieur einer fixen Idee an. Um sich ihr ganz widmen zu können, kündigte er seinen sicheren Job bei einer großen Rüstungsfirma, wo er während 16-jähriger erfolgreicher Arbeit 36 Patente erteilt bekommen hatte. Mit dem Geld, das sein verstorbener Schwiegervater der Familie vererbt hatte, kaufte er stattdessen eine heruntergekommene kleine Bootswerkstatt.

Was seine Frau zu alledem gesagt hat, ist nicht überliefert. Irgendwelche Einkünfte waren nicht in Sichtweite. Aber der Gesuchte hatte nun mal Großes vor, und dazu wollte er ausgiebig werkeln. Das war ihm offenbar in die Wiege gelegt. Der Vater des Ingenieurs, ein Feingeist und Museumskurator, sagte einmal erbittert, sein Sohn sei kein bisschen besser als ein gewöhnlicher Garagenmechaniker.

Das war boshaft übertrieben, denn der Sohn hatte immerhin ein Studium an einer der angesehensten Universitäten des Landes absolviert. Dort hatte er offenbar gelernt, wie man Experimente designt. Denn seine Idee untermauerte er nun mit einem berühmt gewordenen Versuchsaufbau. Der bestand aus einer Küchenwaage, einem Föhn (in manchen Quellen steht alternativ „industrielles Gebläse“ oder auch „Staubsaugermotor“), einer leeren Katzenfutterdose sowie einer geringfügig größeren und ebenfalls leeren Kaffeepulverdose. Die Dosen schob er übereinander. Und als der Föhn lief, bestätigte ihm der Ausschlag der Küchenwaage, dass er mit seiner Idee richtig lag.



Es dauerte zwar noch einige Jahre, aber am Ende hatte er seinen Lebenstraum durchgesetzt. Den Triumph, unter den Augen der Weltpresse auf dem ersten langen Ausflug dabei zu sein, ließ sich der Ingenieur nicht nehmen. Von seinem Vornamen – nicht Nachnamen! – brauchen Sie den vierten Buchstaben.

3. Hartnäckige Flecken

Als sie 1947 den Hochschuleignungstest ausfüllte (damals gab es noch eine Mädchenversion), attestierte ihr die Auswertung, sie würde eine erstklassige Hausfrau abgeben. Erst als sie forderte, die Jungenversion des Tests ausfüllen zu dürfen, spiegelte das Ergebnis ihr persönliches Interesse wider: Zahnmedizin oder Chemie.

Sie studierte Chemie und hatte das Glück, tatsächlich in diesem Beruf angestellt zu werden. Ihr Arbeitgeber setzte die angehende Forschungschemikerin zusammen mit einem Kollegen allerdings auf ein unbequemes Gebiet: Künstlichen Gummi sollte sie entwickeln, aus dem man kerosinbeständige Tankschläuche für Flugzeuge machen konnte. Die Basis sollten neu synthetisierte Fluor-Verbindungen sein.

Um es gleich zu sagen: Aus den Schläuchen wurde nichts. Trotzdem konnte sich die Unternehmensleitung später beglückwünschen, die junge Frau eingestellt zu haben. Die kam nämlich ins Nachdenken, als sie 1953 eine kleine alltägliche Panne im Labor beobachtete.

Ein Laborant hatte eine Emulsion aus einer Fluor-Verbindung und Latex verschüttet. Ein paar Spritzer waren auch auf seinen Stoff-Tennisschuhen gelandet. Und nun rieb und rieb der Unglücksrabe an den Flecken herum, ohne dass sie aus dem Gewebe herausgingen. Wasser und Reinigungsmittel perlten einfach davon ab. Um genau zu sein: Die Schuhe wurden an den Stellen, auf die die Emulsion gespritzt war, nicht einmal vom Wasser benetzt. Nichts blieb darauf haften, auch keine Schmutzpartikel.

Die aufmerksame Chemikerin und ihr Kollege hatten eine höchst wirkungsvolle Imprägnierung gegen Nässe und Schmutz entdeckt. Nach weiteren Verbesserungen der Substanz nahm die Gesuchte eine Probe mit in eine Textilfabrik, um sie dort noch einmal testen zu lassen. Während



dies geschah, musste sie allerdings draußen vor der Tür warten: Frauen hatten keinen Zutritt. Die Tests verliefen positiv.

Das Imprägnierungsmittel, das das Unternehmen 1956 auf den Markt brachte, spielte mehrere Hundert Millionen Dollar ein. Bitte bewahren Sie den siebten Buchstaben aus dem Nachnamen der Chemikerin für das Lösungswort auf.

4. Weit gereister Migrant

Seine Eltern mussten mit ihm und seinen Geschwistern schleunigst ihre Heimat verlassen. In der aufgeheizten Stimmung, die das Land ergriffen hatte, fürchteten sie um Leib und Leben – freilich nicht mehr um ihren Besitz: den hatte die traditionsreiche Familie schon vor dem Ausbruch der politischen Wirren aufgeben müssen.

Ein aufstrebender Nachbarstaat, in dem man Deutsch sprach, nahm die Flüchtlinge auf. Der hier gesuchte spätere Forscher war zeitlebens ein Grenzgänger zwischen der Kultur seines Herkunfts- und der seines Gastlandes. Am entschiedenen Willen zur Integration mangelte es ihm keineswegs: Er lernte rasch Deutsch und trat 17-jährig in die Armee seiner neuen Heimat ein. Nach der Entlassung aus dem Kriegsdienst zog es ihn einerseits in literarische Salons, andererseits in die Wissenschaft – und sowieso hinaus in die weite Welt.

Als sich ihm die Chance bot, als Naturwissenschaftler eine bedeutende Expedition zu begleiten, griff er zu. Seine Erlebnisse auf der mehrere Jahre dauernden Schiffsreise beschrieb er später in einem Buch, das zu den Klassikern der Weltliteratur zählt.

In diesem Werk taucht zum ersten Mal in einem deutschen Text der Name eines Kleidungsstücks auf, das dem Weltreisenden – unter anderem ein hervorragender Ethnograf – bei Arktisbewohnern aufgefallen war. Das Kleidungsstück wurde rund 130 Jahre nach Erscheinen des Buchs zum Unabhängigkeitssymbol für eine ganze Generation Heranwachsender in Deutschland.

Wie hieß der weltreisende Gelehrte mit Migrationshintergrund? Bitte notieren Sie aus seinem Nachnamen den sechsten Buchstaben.

5. Leichter Lebensretter

Das Unternehmen wünschte sich eine sehr feste und hitzeresistente Faser mit geringem Gewicht von der Chemikerin. Sie machte sich mit Verve an die Arbeit und synthetisierte im Labor bald ein vielversprechendes Produkt. Nur ließ es sich leider nicht schmelzen. Es musste aber in flüssige Form gebracht werden, damit man verspinnbare Fasern daraus gewinnen konnte. Die Chemikerin gab ein Lösungsmittel zu dem neuen Polymer. Doch die Lösung sah komisch aus: nicht dickflüssig und durchsichtig-klar, wie das bei anderen gelösten Polymeren der Fall ist,



sondern wolkig-trüb und dünnflüssig – wie stark verwässerte Buttermilch.

Als sie mit dieser seltsamen Suppe in der Versuchsspinnerei aufkreuzte, holte sie sich eine Abfuhr. „Nicht in meiner Spinnmaschine!“, wehrte sich der Kollege. Es sei doch klar, dass die Trübung von irgendwelchen Feststoffpartikeln komme. Diese Verunreinigung würde todsicher die nur wenige Hundertstel Millimeter messenden Spinndüsen verstopfen. Auf keinen Fall!

Die Chemikerin versuchte die undurchsichtige Lösung zu filtern – aber die enthielt keinerlei Feststoffteilchen. Die Trübung kam ausschließlich von dem gelösten Polymer selbst, offenbar etwas völlig Neuartiges. Wieder und wieder trat sie den Weg in die hauseigene Spinnerei an und ließ nicht locker. Irgendwann hatte sie den Verantwortlichen überredet. Die Flüssigkeit durfte in die Maschine.

Anstandslos spieen die Düsen eine Faser aus. Sie war etwas Besonderes: Trotz

Einsendeschluss

Schicken Sie uns das aus acht Buchstaben bestehende Lösungswort bitte auf einer Postkarte bis zum 23. Januar 2015 an:
bild der wissenschaft, Kennwort „Gewinnspiel“
Ernst-Mey-Str. 8, 70771 Leinfelden-Echterdingen
Sie können das Lösungswort auch faxen: an 0711/7594 5835 (bitte „Kennwort: Gewinnspiel“ dazuschreiben!) – oder aber per E-Mail senden: an gewinnspiel.wissenschaft@konradin.de

Auflösung und Gewinner

Die detaillierte Auflösung der acht Rätselfragen finden Sie in bild der wissenschaft 3/2015. Diese Ausgabe ist ab 17. Februar 2015 an den Kiosken erhältlich. Im selben Heft werden die Namen der Gewinner veröffentlicht. Wer nicht so lange warten möchte: Sobald die Gewinner gezogen sind, veröffentlichen wir die Namen vorab auf www.wissenschaft.de unter dem Stichwort „Jubiläums-Gewinnspiel“. Jeder Gewinner wird außerdem schriftlich benachrichtigt.

Teilnahmebedingungen

Teilnehmen kann jeder, außer den Mitarbeitern des Verlags und deren Angehörigen. Unter den Einsendern des richtigen Lösungswortes werden die 50 Preise verlost, die am Ende dieses Beitrags genannt sind. Der Rechtsweg ist ausgeschlossen, ebenso wie eine Auszahlung der Preise in Form von Bargeld.

des geringen Gewichts fünf Mal so zugfest wie Stahl, enorm beständig gegen Hitze und Chemikalien, flammfest und formstabil. Die Anwendungen ließen freilich noch Jahre auf sich warten, die Massenherstellung solcher Fasern war Neuland. Das mit Abstand bekannteste Erzeugnis – eine Art Kleidungsstück – hat schon viele Leben gerettet.

Pflücken Sie den vierten Buchstaben aus dem Nachnamen der Entdeckerin, die übrigens 2014 verstorben ist.

6. Patentierter Flop

Es gibt zahlreiche Beispiele für Erfinder, denen zwar geniale Dinge einfielen, die aber zu naiv oder zu schlafmützig waren, um ihre Geistesblitze sofort durch Patente zu schützen. Und so machten andere an ihrer Stelle das dicke Geld. Dieses Entdeckerrätsel handelt jedoch von einem, der umgehend die Patentierung seiner Idee betrieb.

Kein Wunder, denn er war Angestellter in einer Patentanwaltskanzlei und daher mit der Thematik wohlvertraut. Er verschaffte sich schnell Patente für die USA und für Deutschland. Sie bezogen sich auf ein kleines Objekt, das er erdacht hatte. Er versprach sich viel davon. Denn er hatte eine Lösung entdeckt, wie man Ordnung in die fliegenden Blätter seines Papierkrams bringen konnte.

Seine Landsleute waren mächtig stolz auf ihn. In dem der Fläche nach großen, aber dünn besiedelten Land, das in den Jahren der Patenterteilung noch de facto vom mächtigen Nachbarn verwaltet wurde, stärkte eine bedeutende einheimische Erfindung das Nationalgefühl. Das zeigte sich eindrucksvoll, als ein aggressiver europäischer Staat das Heimatland des Erfinders besetzte. Da trugen viele Okkupierte das bewusste kleine Objekt sichtbar an der Kleidung, als Zeichen für die nationale Solidarität.

In dieser historisch-politischen Symbolik liegt paradoxerweise die eigentliche Bedeutung des Gesuchten. Denn ein Markterfolg wurden seine beiden Patente nicht. Eine deutlich bessere Variante seiner Idee, die längst in einem anderen Land gefertigt wurde, trat den Siegeszug um die Welt an – und das, obwohl sie nie patentiert worden ist.



Unser Erfinder scheint keine Versuche unternommen zu haben, seine Version irgendwo herstellen zu lassen und auf den Markt zu bringen. Aber in die Herzen seiner Landsleute haben er und sein kleines Objekt es ohne Zweifel geschafft. Bitte pflücken Sie den zweiten Buchstaben aus seinem Nachnamen, den brauchen Sie für das Lösungswort.

7. Fataler Sprung

Hat die Zunft der Schneider eigentlich eine geheime Neigung zu Luftreisen? Für diese These spräche der tragische Fall – im doppelten Wortsinn – des Albrecht Ludwig Berblinger, des „Schneiders von Ulm“, der mit einem selbst gebauten Fluggerät 1811 in der Donau landete. Auch der in diesem Rätsel Gesuchte war ein Schneider. Auch er hatte ein Faible für die Fliegerei – und auch er scheiterte, 101 Jahre nach Berblinger.

Kann ein Pilot sich retten, wenn er erkennt, dass seine Maschine defekt ist und unweigerlich abstürzen wird? Auf diese Frage wussten die Luftfahrtpioniere fast ein Jahrzehnt nach der Erfindung des Motorflugzeugs – 1903 durch die Gebrüder Wright – immer noch keine klare Antwort. Aber da gab es diesen Schneider, Leiter eines erfolgreichen Studios, der felsenfest behauptete, mit seinem Fallschirmanzug sei das problemlos möglich: Nach dem Ausstieg aus dem Flugzeug entfalte der Anzug zwei fledermausflügelartige Gleitflächen, die den Träger sanft nach unten schweben ließen. Er selbst sei bereit, vor den Augen der Weltöffentlichkeit den Beweis anzutreten: durch einen Sprung von der 57 Meter hohen Plattform eines berühmten Bauwerks.

Mehr PR-Rummel geht nicht. Dutzende Journalisten und Hunderte Schaulustige waren an dem frostigen 4. Februar 1912 zur Stelle. Nur von einem Freund und einem Kameramann begleitet, stieg der Schneider zur Plattform empor. Und er sprang. Während der nicht ganz vier Sekunden, die sein Sturz dauerte, entdeckte er etwas ungemein Bedauerliches: Die Gleitschirme öffneten sich nicht rechtzei-

tig. Beim Aufprall schlug der Körper eine 15 Zentimeter tiefe Mulde in den hartgefrorenen Boden.

Es blieb anderen vorbehalten, zuverlässige Fallschirme zu bauen. Aus dem Nachnamen des Schneiders im Fledermausanzug benötigen Sie den achten Buchstaben.

8. Aufstieg und Fall

Was für ein Leben, was für eine Biografie. Als hätten sich Rainer Werner Fassbinder und Christoph Schlingensief in einer Sturmnacht getroffen, um gemeinsam ein möglichst bizarres Drehbuch für ein Menschenleben zu entwerfen – Grundidee: „Aufstieg und Fall".

Der hier Gesuchte war ein begnadeter Physik- und Chemie-Ingenieur, obendrein ein weitblickender Geschäftsmann. Sein innovativer Geist verhalf ihm schon in jungen Jahren zu einer kometenhaften Karriere. 32-jährig gründete er zusammen mit einem Freund ein Unternehmen, das heute zu den weltweit führenden in seiner Branche gehört.

Die Akademie der Wissenschaften seines Landes berief den Hochbegabten in ihren elitären Kreis – um ihn 20 Jahre später hochkant hinauszuschmeißen. Daran trug definitiv er selbst die Schuld. Nach Reden voller radikaler Thesen, einem inszenierten Selbstmordversuch vor großem Publikum und lautstarken Aufforderungen zur Zusammenarbeit mit dem Kriegstreiber Hitler war sein Ruf ruiniert. Das Genie wanderte wegen Hochverrats in den Knast.

Seine großen Leistungen bleiben. Er hat praktikable Wege erdacht, um einen in riesigen Mengen verfügbaren Rohstoff (der überhaupt nichts kostet) in seine Bestandteile (die gewinnbringend verkäuflich sind) zu zerlegen. Außerdem fand er heraus, dass man einem dieser Bestandteile – unter vermindertem Druck in eine Glasröhre gefüllt – orangerotes Licht entlocken kann. Was wären die Bars und Jazzschuppen der 1950er-Jahre ohne seine Erfindung gewesen!

Sie brauchen den dritten Buchstaben aus dem Nachnamen dieses seltsamen Menschen. Und dann geht es darum, aus den acht ermittelten Buchstaben das Lösungswort zu formen!

Das können Sie gewinnen!

50 Preise warten auf die Einsender des richtigen Lösungsworts:



1. Preis

2 Freikarten für „Planet Erde – Live in Concert" am 10. März 2015 in der O_2-World in Berlin, veranstaltet von der Semmel Concerts Veranstaltungsservice GmbH (Details: www.planet-erde-live.de). Sehen Sie die spektakulärsten Bilder unserer Erde aus der BBC-Erfolgsserie auf einer über 240 Quadratmeter großen Leinwand, live begleitet von einem 80-köpfigen Sinfonieorchester. TV-Moderator Max Moor führt durch den Abend. Ein Erlebnis, das noch lange nachklingen wird. Und als spezielles Souvenir erhalten Sie die Blueray-Box zu den Planet-Erde-Filmen.



2. Preis

Da hebt der Planet ab: Ein schwebender Globus, gehalten allein von einem Magnetfeld, wird den Schreibtisch des Gewinners zieren. Die patentierte Weltneuheit erstaunt jeden Besucher und besticht durch ihren ästhetischen Reiz. Schwebehöhe: circa 20 Millimeter, Durchmesser der Weltkugel: circa 85 Millimeter, Lieferung inklusive Netzteil.



3. – 5. Preis

Je ein Kosmos-Bildband „Die Galerie des Universums" von Giles Sparrow – atemberaubend und wissenschaftlich exakt bietet das Buch eine spektakuläre Führung durch die schönsten Bilder des Universums: von den turbulenten Wolkendecken der Gasplaneten bis zu Millionen Lichtjahre entfernten Galaxien.



6. – 10. Preis

Je ein „Kosmos Himmelsjahr 2015 professional". Die Gewinner freuen sich über ein Paket voll aktueller astronomischer Information: Buch plus Software plus PC-Planetarium „Redshift 8". Damit Sie wissen, was täglich am Himmel los ist.





11. – 20. Preis

Je ein Bergmann Popcube Mini, schwarz. Das UKW-Radio mit Powerlautsprecher und Direct-Dock-In für viele MP3-Player und iPODs ist klein und schick – ideal für unterwegs, wo keine Steckdose in der Nähe ist.



21. – 30. Preis

Je ein Taschenfernglas. Großes Sichtfeld von 131 auf 1000 Meter, 8-fache Vergrößerung mit voll vergüteter Optik und Dioptrien-Feineinstellung. Es wiegt nur 200 Gramm. Mit diesem Begleiter behalten Sie stets den Durchblick.

31. – 50. Preis

Je ein bdw-Jubiläumsrucksack: Hauptfach, Reißverschluss-Vortasche mit Organizer-Elementen, Einsteckfach für CD-Player mit Öffnung für Headset. Dazu je eine bdw-Jubiläums-Uhr mit hochwertigem Uhrwerk.



I+D Trading; Kosmos Verlag (2); I. McCarthy



picture alliance/Science Photo Library

Titelthema im Februar

Jagd auf Geisterteilchen

Neutrinos durchdringen fast alles – 66 Milliarden von ihnen sausen jede Sekunde durch jeden Quadratzentimeter unserer Haut. Mit raffinierten Techniken haben Wissenschaftler gelernt, die fast lichtschnellen Geisterteilchen zu erhaschen. Die Physiker dringen dadurch tief in die Geheimnisse des Universums ein. Und in die des Erdinneren: Neutrinos zeugen nicht nur von fernen Energiegewittern im Kosmos, sie durchleuchten auch unseren Heimatplaneten. Vor allem versprechen sich die Forscher herauszufinden, warum es überhaupt Materie im Weltall gibt.

Rohstoffe

Lebenswichtiges Recycling

Phosphor ist Bestandteil von Brandbomben und Nervenkampfstoffen. Aber er ist für unser Überleben auch genauso wichtig wie Wasser. Und der Stoff wird knapp. Forscher erproben Methoden, um ihn zu recyceln – zum Beispiel aus Schlachtabfällen oder Klärschlamm.

Kriminalistik

Verräterische Pflanzen

Forensische Botaniker können an Tatorten winzige Bruchstücke von Blättern, Blüten oder Samen einer Pflanzengruppe oder sogar Art zuordnen. Finden sich entsprechende Relikte an der Kleidung oder am Fahrzeug des Verdächtigen, hat er vor Gericht schlechte Karten.



W. Scheible für bdw



Goodshoot/Thinkstock

Mobilität

Kein eigenes Auto mehr

Das eigene Auto ist vielen jungen Menschen nicht mehr so wichtig. Stattdessen fahren sie mit Bus, Bahn, Fahrrad, geliehenem Auto oder finden andere Lösungen. Das hat persönliche und gesellschaftliche Gründe – und Folgen für die Automobilindustrie.

Umwelt

Ein neues Erdzeitalter?

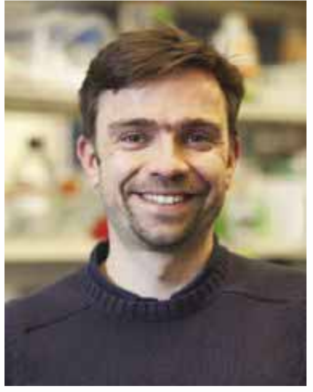
Bevölkerungswachstum, Klimawandel, Artenschwund: Seit einiger Zeit greift die Spezies Mensch global und dauerhaft in die Erdgeschichte ein. Deshalb hat der Nobelpreisträger Paul Crutzen vorgeschlagen, das „Anthropozän“ auszurufen – das „Menschenzeitalter“. Mit welchen Folgen?

Das nächste Heft erscheint am 20. Januar

Clever eingefädelt

Keiner spricht mehr darüber: Catenan-Moleküle







In der dritten Ausgabe des Jahrgangs 1964 berichtete bild der wissenschaft von ineinander gehängten Ringmolekülen – damals eine chemische Spielerei. Heute synthetisiert Thorsten Schmidt (links) von der TU Dresden DNA-Catenane (unten), die als Bauelemente in elektronischen Schaltkreisen der Zukunft dienen könnten.

In den 1960er-Jahren gelang es Chemikern erstmals, im Labor Catenane herzustellen: Ketten aus mehreren ineinander gehängten Ringmolekülen (bild der wissenschaft 3/1964, „Moleküle mit Gliederketten"). Dabei konstruierten sie jeweils zwei Kettenelemente, indem sie ein Fadenmolekül durch ein Ringmolekül hindurchführten und anschließend zu einem Ring zusammenschlossen. Das Besondere an den Catenanen ist, dass die Ringe rein mechanisch miteinander verbunden sind, nicht durch chemische Bindungen.

Sowohl die ersten einfachen Catenane als auch komplexere Gebilde wie die sogenannten Olympiadane – fünf miteinander verschränkte Ringe – wurden im Rahmen von Machbarkeitsstudien erzeugt: Wissenschaftler wollten herausfinden, ob solche Strukturen überhaupt herstellbar sind. Es war lediglich chemische L'art pour l'art – freilich vom Feinsten. Doch heute erscheinen technische Anwendungen der Catenane möglich, vor allem in der Molekularelektronik: Die Ringe könnten Bauelemente winziger Maschinen oder Computer werden.

„Die Ringe in einem zweigliedrigen Catenan sind imstande, sich relativ frei gegeneinander zu verdrehen, ohne dass sie dabei auseinanderfallen", erklärt Stephen Goldup von der Universität Southampton. So sei es möglich, Ketten zu synthetisieren, in denen sich einer der beiden Ringe zwischen zwei Grenzpositionen hin- und herdrehen lässt. „Dieses Verhalten, das dem eines Schalters ähnelt, kommt für potenzielle Anwendungen in Betracht", sagt der britische Forscher.

„Mit Catenanen wären sehr hohe Speicherdichten möglich", bekräftigt der Chemiker Thorsten Schmidt von der TU Dresden. Die Nullen und Einsen eines elektronischen Speichermediums wären durch die Position der Ringe zueinander kodiert. Schmidt hat derartige Schalt-Catenane erschaffen, die nur 18 Nanometer (milliardstel Meter) messen und aus DNA bestehen, dem Trägermolekül der Erbinformation. „Die DNA-Stränge, die ich verwendet habe, sind komplett künstlich, ohne biologische Funktion", verdeutlicht Schmidt.

Eine weitere Möglichkeit, Catenane zu nutzen, veröffentlichten amerikanische Wissenschaftler 2013 im renommierten Fachmagazin „Science". Den Chemikern um Jonathan Barnes von der Northwestern University ist es gelungen, zwei Molekülringe miteinander zu verketten. Beide Ringe sind vierfach positiv geladen und sollten einander daher bei zu großer Annäherung abstoßen. Sobald sie miteinander zu einem Catenan verbunden sind, tun sie das auch – allerdings ist die mechanische Bindung der Kette stärker als die elektrische Abstoßungskraft, dieses Catenan bleibt stabil.

Das Reizvolle an dieser Struktur: Die Forscher können dem zweigliedrigen Kettenmolekül die fehlenden negativen Ladungen in Form von Elektronen zuführen und danach wieder wegnehmen. Was sie geschaffen haben, ist also ein höchst effizienter Elektronenspeicher – letztlich eine winzige Batterie.

Bis Catenane jedoch tatsächlich als molekulare Bauelemente in elektronischen Schaltkreisen von morgen Verwendung finden werden, ist es noch ein weiter Weg. Das räumt auch Thorsten Schmidt ein und nennt die Hauptprobleme aus seiner Sicht: „Wie kann man die Informationen auf die Catenane schreiben und wie kann man sie auslesen? Wie stabil ist das Ganze? Anwendungen mit solchen Molekülen werden noch eine ganze Weile auf sich warten lassen."

Franziska Konitzer

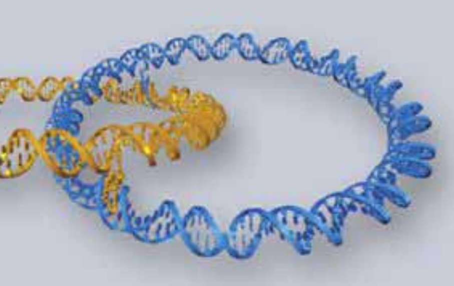


Foto: Privat; Computermodell: T.-L. Schmidt, Center for Advancing Electronics Dresden, Technische Universität Dresden

